



**UNAP**



**FACULTAD DE INDUSTRIAS ALIMENTARIAS  
ESCUELA DE FORMACIÓN PROFESIONAL DE BROMATOLOGIA Y NUTRICION  
HUMANA**

**EXAMEN DE SUFICIENCIA PROFESIONAL**

**OBTENCIÓN DE ALIMENTOS FUNCIONALES DE *Manihot esculenta* (YUCA).**

**Para optar el Título Profesional de  
Licenciada en Bromatología y Nutrición Humana**

**Presentado por:  
Br. GRACE MAYULI CUMARI CHARPENTIER**

**ASESOR:  
Ing. GENARO RAFAEL CARDEÑA PEÑA**

**Iquitos – Perú  
2019**



**UNAP**

**Facultad de  
Industrias Alimentarias**

**ACTA DE EXAMEN DE SUFICIENCIA PROFESIONAL AÑO 2018**

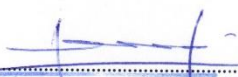
En la ciudad de Iquitos, siendo las 17:45 horas, del día Lunes 26 de noviembre del 2018, en el Auditorio de la Oficina General de Bienestar Universitario de la Universidad Nacional de la Amazonía Peruana, se reunió el Jurado Calificador del Examen de Suficiencia Profesional Año 2018, designado con Resolución Decanal N° 254-FIA-UNAP-2018, con la presencia del Secretario Académico de la Facultad de Industrias Alimentarias, para dar inicio a la defensa de la Memoria Descriptiva titulado: **“OBTENCIÓN DE ALIMENTOS FUNCIONALES DE *Manihot esculenta* (YUCA)”**, por la Bachiller **GRACE MAYULI CUMARI CHARPENTIER**, con un tiempo de 15 minutos de exposición, 30 minutos de resolución de las preguntas y 15 minutos de deliberación del Jurado Calificador .


La Bachiller **GRACE MAYULI CUMARI CHARPENTIER**, en la primera fase del proceso de titulación por la modalidad de Examen de Suficiencia Profesional, en el examen escrito obtuvo la nota de **16**, la que será sumada y promediada con la nota de la presentación oral y defensa de la Memoria Descriptiva.

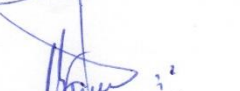
Luego de la deliberación del Jurado Calificador, la Bachiller **GRACE MAYULI CUMARI CHARPENTIER**, obtuvo la nota de 16..... en la presentación oral y defensa de la Memoria Descriptiva titulada: **“OBTENCIÓN DE ALIMENTOS FUNCIONALES DE *Manihot esculenta* (YUCA)”**,


Siendo las 18:45 horas del Lunes 26 de noviembre del 2018, el Jurado Calificador, conformado por don Alenguer Gerónimo Alva Arévalo, Presidente, don Elmer Trevejo Chávez, don Elmer Alberto Barrera Meza, doña Miriam Ruth Alva Angulo y don Juan Alberto Flores Garazatúa, al consolidar las notas del examen escrito y la presentación oral, con un valor de 50% cada una, tal cual lo establece el Reglamento de Grados y Títulos de la Facultad de Industrias Alimentarias en su Artículo 44° incisos a, b, c, d, y e, la Bachiller **GRACE MAYULI CUMARI CHARPENTIER** obtuvo la nota de 16..... y declaran que, ha aprobado el **EXAMEN DE SUFICIENCIA PROFESIONAL** con el calificativo de bueno y esta apta..... para iniciar sus trámites administrativos para la obtención del Título Profesional de Licenciada en bromatología y Nutrición Humana de la Universidad Nacional de la Amazonía Peruana, en fe de lo cual suscriben la presente **ACTA** en ocho (8) ejemplares.


Para constancia firmamos el presente documento;


  
**Alenguer Gerónimo Alva Arévalo** Presidente  
 Ingeniero en Industrias Alimentarias  
 CIP: 43197

  
**Elmer Trevejo Chávez** Miembro  
 Ingeniero Pesquero  
 C.I.P.: 18492

  
**Elmer Alberto Barrera Meza** Miembro  
 Ingeniero en Industrias Alimentarias  
 CIP: 33648

  
**Miriam Ruth Alva Angulo** Miembro  
 Licenciada en Nutrición  
 CNP: 0130


  
**Juan Alberto Flores Garazatúa** Miembro  
 Ingeniero en Industrias Alimentarias  
 CIP: 11646

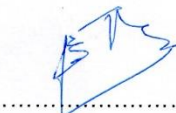
  
**Genaro Rafael** Asesor  
 Ingeniero en Industrias Alimentarias  
 CIP: 33343

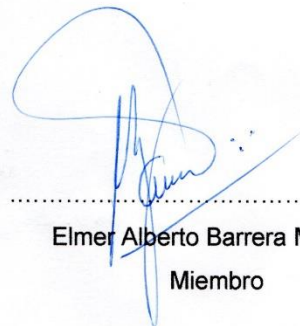


### Miembros del Jurado

Examen de Suficiencia profesional aprobada en Sustentación Pública en la ciudad de Iquitos en las instalaciones del auditorio de la oficina general de bienestar universitario de la universidad nacional de la amazonia peruana, como tema: OBTENCIÓN DE ALIMENTOS FUNCIONALES DE *Manihot esculenta* (YUCA) llevado a cabo el día Lunes 26 de noviembre del 2018, siendo los miembros del jurado calificador los abajo firmantes:

  
Alenger Gerónimo Alva Arévalo  
Presidente

  
Elmer Trevejo Chavez  
Miembro

  
Elmer Alberto Barrera Meza  
Miembro

  
Miriam Rut Alva Angulo  
Miembro

  
Juan Alberto Flores Garazatúa  
Miembro

  
Genaro Rafael Cardeña Peña  
Asesor

## **Dedicatoria**

Esta memoria descriptiva está dedicado a Dios, por darme la oportunidad de estar viva y no desampararme, fortaleciendo mi corazón e iluminando mi mente, por haber puesto en mi camino aquellas personas que han sido mi soporte y compañía durante todo el periodo de estudio.

A mis queridos padres por ser mi soporte emocional y económico siendo el pilar fundamental en mi educación, por estar conmigo en las buenas y las malas, ayudándome a lograr mis metas.

Grace Mayuli.

## **Agradecimientos**

Expreso mi Sentimiento de Gratitude:

A Dios, por darnos la vida y ser nuestro creador.

A la Universidad Nacional de la Amazonia Peruana, Facultad de Ingeniería en Industrias Alimentarias, escuela de Bromatología y Nutrición Humana por la formación académica profesional durante los años de estudio en las aulas universitarias.

A mis padres, Raúl Cumari Pórtelo y Rosa Charpentier Díaz, por todo su apoyo incondicional, y comprensión en todo momento de esta experiencia tan bonita.

A mis queridos docentes, por haberme transmitido los conocimientos y sus experiencias para desarrollarme en el ámbito profesional.

## INDICE

CARATULA.....	I
ACTA DE EXAMEN DE SUFICIENCIA PROFESIONAL.....	II
MIEMBROS DEL JURADO.....	III
DEDICATORIA.....	IV
AGRADECIMIENTOS.....	V
I. INTRODUCCIÓN.....	1
II. OBJETIVOS.....	2
2.1. OBJETIVO GENERAL.....	2
2.2. OBJETIVOS ESPECIFICOS.....	2
III. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA.....	3
3.1. <i>Manihot esculenta</i> (YUCA O MANDIOCA).....	3
3.1.1. Clasificación Taxonómica de la Yuca.....	3
3.1.2. Estructura de la raíz de la yuca.....	4
3.1.3. Propiedades nutricionales de la <i>Manihot esculenta</i> (yuca o mandioca). .	4
3.2. YUCAS DULCE.....	5
3.2.1. Coneru. Nombre español: Canero.....	6
3.2.2. Indio.....	6
3.2.3. Putura. Nombre en español: flor.....	7
3.2.4. Kuya.....	7
3.2.5. Tresmesina.....	8
3.2.6. Lucero.....	8
3.2.7. Vega.....	8
3.2.8. Buxrexe. Nombre en Español: Lombriz.....	9
3.2.9. Yauxwa.....	9
3.2.10. Pajarito.....	10
3.2.11. Cocama.....	10
3.2.12. Paruma.....	10

3.2.13.	Chiura. Nombre en español: Señora, Señorita. ....	11
3.2.14.	Pau. Nombre en español: Pan.....	11
3.3.	YUCAS BRAVAS. ....	12
3.3.1.	Orawana. Nombre en español: Arahua. ....	12
3.3.2.	Wochine. Nombre en español: Lupuna. ....	12
3.3.3.	Santa Rita.....	13
3.3.4.	Moniaka. Nombre en español: mandioca.....	13
3.3.5.	Ngobu. Nombre en español: Motelo. ....	14
3.3.6.	Barandilla. ....	14
3.3.7.	Arené.....	14
3.3.8.	Wokae. Nombre en español: Arpán. ....	15
3.3.9.	Waira. Nombre en español: Asaí. ....	15
3.4.	PRODUCTOS ALIMENTICIOS. ....	16
3.4.1.	Ejemplos de alimentos tradicionales. ....	16
3.4.2.	Harina de yuca industrial. ....	17
3.4.3.	Almidón agrio de yuca. ....	18
3.4.4.	Panes y Tortas. ....	18
3.4.5.	Toxicidad y liberación de ácido cianhídrico de la Yuca. ....	21
3.5.	CARACTERÍSTICAS DEL ALMIDÓN DE YUCA.....	27
3.5.1.	Componentes del almidón .....	27
3.5.2.	Propiedades fisicoquímicas del almidón. ....	31
3.5.3.	PROPIEDADES FUNCIONALES DEL ALMIDÓN.....	33
3.6.	ALMIDONES MODIFICADOS.....	38
3.6.1.	Degradación .....	38
3.6.2.	Hidrólisis de almidón.....	38
3.6.3.	Dextrinización .....	39
3.6.4.	Oxidación. ....	41

3.6.5. Pregelatinización .....	42
3.6.6. Derivatización .....	42
3.6.7. Esterificación .....	42
3.6.8. Eterificación .....	43
3.6.9. Entrecruzamiento .....	43
3.6.10. Almidones catiónicos.....	44
3.7. USOS DEL ALMIDÓN EN PRODUCTOS ALIMENTARIOS Y NO ALIMENTARIOS.....	44
3.7.1. Uso en productos alimentarios .....	44
3.7.2. Industria de edulcorantes .....	45
3.7.3. Uso en productos no alimentarios.....	47
3.7.4. Industria de papel y cartón.....	47
3.7.5. Industria textil .....	48
3.7.6. Industria de adhesivos.....	49
3.7.7. Industria farmacéutica y cosmética.....	50
3.7.8. Otras aplicaciones .....	50
3.8. Características generales de las Hojas de yuca.....	52
3.9. Digestibilidad aparente de una harina proveniente de hojas de yuca (Manihot esculenta Crantz). .....	52
3.9.1. Digestibilidad en ratas .....	53
IV.CONCLUSIONES .....	57
V. RECOMENDACIONES.....	58
VI. REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS.....	59
ANEXOS.....	61
GLOSARIO DE TÉRMINOS.....	64



## **Lista de tablas.**

Tabla N° 1: Valor Nutricional de la Yuca. ....	5
Tabla N° 2: Propiedades de los componentes del almidón .....	30
Tabla N° 3: Características de los gránulos de almidón. ....	32
Tabla N° 4:Ácido Ascórbico y Carotenos en Raíces y Hojas de Yuca. ....	52
Tabla N° 5: Composición de las dietas.....	53
Tabla N° 6: Composición química de los tratamientos evaluados. ....	54
Tabla N° 7: Digestibilidad aparente de las dietas y análisis estadísticos. ....	55
Tabla N° 8: Patrones de aminoácidos esenciales. ....	56

## **Lista de Anexos**

ANEXO N° 1: Estructura de la Yuca.....	61
ANEXO N° 2: Esquema de la amilosa.....	61
ANEXO N° 3: Esquema de la amilopectina.....	61
ANEXO N° 4: Representación esquemática de los cambios de los gránulos de almidón durante el procesamiento hidrotérmico. ....	62
ANEXO N° 5: Perfil de viscosidades de diferentes almidones.....	62
ANEXO N° 6: Modificaciones químicas y bioquímica del almidones. ....	63

## RESUMEN

Se recopiló información de diferentes artículos, libros y revistas de internet sobre la obtención de alimentos funcionales de la *Manihot esculenta* (yuca), averiguando las diferentes variedades, formas, tamaño de esta raíz que existen en la amazonia peruana, realizado en un estudio hecho en la comunidad Ticuna donde lo clasifican en yuca dulce y yuca brava, según el bajo o alto contenido de cianuro en las raíces así como los preparados que consumen los nativos de esta zona y su empleo en la industria de los alimentos. Si bien cantidad el ácido cianhídrico presente en la raíz de *Manihot esculenta* (yuca) es altamente toxico un estudio indica que para eliminar total o parcialmente el HCN, se basa en la acción controlada del calor donde la temperatura de 40°C a 80°C son efectivas para eliminar la mayor parte del ácido cianhídrico libre y la temperatura entre 30-40 °C el cual es un sistema seguro para destruir el ácido cianhídrico, sin afectar la acción de la enzima linamarasa, pero los trozos de yuca secados al sol contienen niveles de cianuro menores a los obtenidos con secado artificial por lo que la FAO Y OMS, estableció como criterio un límite máximo de 10 mg/kg de HCN ya se en harinas o almidones de yuca para su consumo. La propiedades funcionales del almidón de yuca se basan en su relación de amilosa/amilopectina resultando fácil de cocinar y requerir menor consumo de energía durante su cocción, también se utiliza en la industria no alimentaria como materia prima para la elaboración de productos, la hoja de yuca está siendo centro de investigaciones en la digestibilidad para incluir en dietas.

*Palabras claves: yuca, ácido cianhídrico, HCN, almidón de yuca, hojas de yuca*

## I. INTRODUCCIÓN

La *Manihot esculenta* (yuca) es una fuente rica en carbohidratos como el almidón, ha sido desde mucho tiempo una valiosa fuente alimenticia en las regiones de África, y América tropical, formando parte de la dieta diaria de las personas que viven en esa zona. En la amazonia peruana, tanto en la población como en la tribu Ticuna esta raíz es su fuente principal de carbohidratos en alimentos, con preparados tradicionales como la fariña, masato y beshú a pesar de esto, las nuevas generaciones han experimentado cambios rurales como la fácil accesibilidad al comercio actual olvidando el consumo y preparación tradicional de esta raíz *Manihot esculenta* (yuca) y optando por nuevos productos **Nuñez C., Brañas M., Del Aguila M (2018).**

Esta raíz *Manihot esculenta* (yuca) es de fácil accesibilidad en el mercado, conocer su valor nutricional ha llamado la atención de los profesionales en el área de los alimentos, que han estudiado sus propiedades funcionales. Ayudando a la elaboración de novedosos productos que se obtienen del almidón extraído de esta raíz *Manihot esculenta* (yuca) de origen tropical.

En 1956 la FAO presenta la primera obra Elaboración de la yuca y sus productos en las industrias rurales. Posteriormente, en 1977 publica Elaboración de la yuca, la cual incluye aspectos básicos que tratan sobre el cultivo de la yuca y otros temas relacionados con su procesamiento tales como la harina y el almidón, los productos horneados, los productos para consumo animal, la elaboración del almidón, los diversos usos de la yuca, el control de calidad de los productos, el comercio e industrialización, entre otros **Aristizábal y Sánchez (2007).**

Como pobladores de la amazonia peruana es de suma importancia conocer las propiedades funcionales de esta raíz *Manihot esculenta* (yuca) y su empleo en la alimentación Humana.

En este presente trabajo se hizo una revisión bibliográfica que recopila diferentes estudios relacionados con la obtención de alimentos funcionales de *Manihot esculenta* (yuca).

## II. OBJETIVOS

### 2.1. OBJETIVO GENERAL

- Presentar sobre las investigaciones existentes para la obtención de los alimentos funcionales que se dan a partir de *Manihot esculenta* (yuca).

### 2.2. OBJETIVOS ESPECIFICOS

- Dar a conocer las diferentes formas de preparación de comidas tradicional que se puede realizar de esta raíz *Manihot esculenta* (yuca).
- Dar a conocer los beneficios que otorga como alimento funcional la *Manihot esculenta* (yuca).
- Dar a conocer los procedimientos y elaboración para la obtención de los alimentos funcionales del almidón y harinas que se dan a partir de *Manihot esculenta* (yuca).
- Indicar en que otras industrias que no sea la alimentaria se puede utilizar algunos productos de *Manihot esculenta* (yuca).

### III. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA.

#### 3.1. *Manihot esculenta* (YUCA O MANDIOCA).

Raíz feculenta voluminosa, rica en carbohidratos 18 a 30 %, similar a la papa y el camote, con cerca del 86% como almidón. La raíz se consume como tal y como harina, sus hojas como verdura, sobre todo en África y la Amazonia de Perú, Brasil y Ecuador. Raíz y Hojas poseen glucósidos cianógenicos que desaparecen por vapor durante 20 minutos perdiendo ácido cianhídrico.

Su proteína posee aminoácidos esenciales, lisina, leucina, isoleucina, algo menos de valina, treonina, fenilalanina, y poco de metionina y triptófano, las proteínas de las hojas son motivo de estudio.

En la amazonia se consume como tipite, harina consumida artesanalmente y Cachiri bebida fermentada en tanta cantidad que se le considera un mal social, por llevar a un desequilibrio al llegar a cubrir 2/3 partes de la dieta por llegar a conducir al Kwashiorkor **Blanco y Alvarado (2003)**

De alta digestibilidad, como la del arroz la de la papa, apropiada para niños y ancianos.

La relación fosforo/calcio es baja, 1.25 que al ser el único alimento diario - puede llevar a lesiones óseas, también posee beta carotenos. Para la ceja de selva es gran potencial energético y barato, como el plátano en el norte del Perú, debiéndose mejorar su cultivo e industrializar, como Brasil y Ecuador, que procesan la yuca en pan enriquecido con queso.

Todo exceso se convierte en harina, ya que fresca la raíz esta propensa a sufrir pardeamiento enzimático muy rápido, basta unos días para que la raíz ya cosechada se oscurezca, perdiendo su valor de venta. Desde hace diez años, se industrializa la yuca en preparaciones rápidas, precocidas **Blanco y Alvarado (2003)**.

##### 3.1.1. Clasificación Taxonómica de la Yuca

Según **Aristizábal y Sánchez (2007)** señala la clasificación taxonómica de la yuca blanca es la siguiente:

- ✓ **Reino: Plantas**
- ✓ **División: Magnoliophyta**
- ✓ **Clase: Magnoliopsida**

- ✓ **Orden: Euphorbiales**
- ✓ **Familia: Euphorbiaceae**
- ✓ **Subfamilia: Crotonoideae**
- ✓ **Tribu: Manihoteae**
- ✓ **Genero: Maníhot**
- ✓ **Especie: *M. esculenta***

### **3.1.2. Estructura de la raíz de la yuca.**

Arbustos, raíces con parte externa color guinda, marrón, marrón – guindo, marrón – rosado, marrón claro, marrón oscuro, marrón – rojizo claro, rojizo, rojizo – guinda, rojizo – marrón; la parte interna de color: amarillo, amarillo calmos, blanco, bronce antílope, cobre, crema, frambuesa suave, guinda, rojizo, rojo derby, rosa y rosado. Tallo color castaño, gris exótico, gris tintonio, guinda, lima suave, marfil, champagne, marrón, marrón – verde, marrón – verde claro, marrón claro, rojizo, rojizo – verde claro, rojo salsa, verde artesano, verde claro – marrón; frambuesa suave, e interna de color marrón claro, frambuesa suave; 1,6 nudos en 10 cm (promedio: 3.4), 1 – 6 cm de distancia entre los nudos del tallo (promedio 3.8), peciolo: rojizo y verde, rojo, rojo – guinda, rojo guinda y/o verde – guinda, verde, verde claro – rojizo, verde y rosado, rojo – guinda y/o verde – guinda, 5 – 23.5 cm de largo (promedio: 10.4) y 1.2 – 10.3 mm de ancho (promedio: 2.2), estipulas 0.8 -13.1 mm de largo (promedio: 3.8). Hojas jóvenes de color marrón, 1-7 lobadas, 6-18 cm de largo(promedio 10.9), 5.3 - 25.4 cm de ancho (promedio:14.9), forma del lóbulo central elíptico 1.2 - 4.6 cm de ancho (promedio 2.7), forma del ápice agudo con base redondeada, truncada, cordata, redondeada, sagitada, lobada, convexa, truncada, lóbulo central con 4 -23 venas secundarias (promedio 8.6), ángulo entre las venas principales: 48 – 258°(promedio:139.7°) (Nuñez C., Brañas M., Del Aguila M 2018). **(ANEXO N°1)**

### **3.1.3. Propiedades nutricionales de la *Manihot esculenta* (yuca o mandioca).**

La raíz de *Manihot esculenta* (Yuca) o mandioca presenta las propiedades nutritivas señaladas en el **Tabla N°1**. Como se puede observar, es una

fuerza muy buena de energía y carbohidratos, así como también de calcio, fósforo y ácido ascórbico.

**Tabla N° 1: Valor Nutricional de la Yuca.**

Composición nutritiva media (por 100g de base seca)	
<b>Valor energético (kcal)</b>	132,0
<b>Agua (%)</b>	65,2
<b>Proteína (%)</b>	1,0
<b>Grasa (%)</b>	0,4
<b>Carbohidratos totales (%)</b>	32,8
<b>Fibra (%)</b>	1,0
<b>Cenizas (%)</b>	0,6
<b>Calcio (mg)</b>	40,0
<b>Fósforo (mg)</b>	34,0
<b>Hierro (mg)</b>	1,4
<b>Tiamina (mg)</b>	0,05
<b>Riboflavina (mg)</b>	0,04
<b>Niacina (mg)</b>	0,60
<b>Ácido ascórbico (mg)</b>	19,00
<b>Porción no comestible (%)</b>	32,00

Fuente: Villa y Arguello (2012)

### 3.2. YUCAS DULCE

Las comunidades Ticunas que participaron en el estudio cultivan catorce variedades diferentes de yuca dulce. La yuca dulce es usada generalmente para preparar masato, extraer almidón elaborar beshú o tapioca, aunque hay pobladores que también elaboran fariña y otros preparados como el casabe o el noetarü. Las variedades de yuca dulce tienen contenidos bajos de compuestos cianogénicos y pueden ser utilizadas (sancochadas o asadas) sin un procesamiento previo. No obstante, en las comunidades participantes en el estudio no se registró el consumo de yuca dulce sancochada o asada. La yuca cocinada no ha sido un producto de consumo tradicional para el pueblo Ticuna Nuñez C., Brañas M., Del Aguila M (2018).



### 3.2.1. Coneru. Nombre español: Canero

Plantas arbustivas con raíces que presentan la parte externa o cutícula de color marrón y su rizodermis de un suave color frambuesa, su pulpa es de color blanco. Sus tallos son de color gris, con 2 nudos en cada segmento de 10cm y 3 cm de distancia entre los nudos. Sus peciolos son de rojo-guinda, de 13,3 cm de largo y 2,3 mm de ancho, con estipulas acresentes de 1 mm de largo. Sus hojas jóvenes son de color marrón, con 5 lóbulos, de 11,4 cm de largo y 17 cm de ancho. Ápice agudo con base cordata, lóbulo central con 6 venas secundarias, ángulo entre las venas principales de 185°.

Es una variedad que se puede cosechar a partir de los seis meses de sembrada. Con esta variedad suelen preparar masato, fariña y beshú.

Puede ser cultivada en chacras de altura o en chacras de bajial **Nuñes C., Brañas M., Del Aguila M (2018).**

### 3.2.2. Indio

Plantas arbustivas con raíces tuberosas que presentan la cutícula y la rizodermis de color marrón claro, con la pulpa de color blanco. Sus tallos son de color castaño, con 2 nudos dilatados en cada segmento de 10 cm y 5 cm de distancia entre los nudos. Los peciolos de las hojas jóvenes son de color verde, adquiriendo coloración rojiza conforme envejecen, de 6,3 cm de largo y 1,2 mm de ancho. Sus estipulas son acresentes, de 1,9 mm de largo. Las hojas jóvenes son de color marrón morado. Las hojas adultas presentan de 1 a 5 lóbulos, de 10,3 cm de largo y 3,7 de ancho. El lóbulo central es elíptico, con 2 cm de ancho. El ápice es agudo entre las venas principales de 60°. Presenta una flor de pétalos verdes y un fruto de color verde.

Sus raíces son gruesas y no muy largas. Puede ser cosechada a partir de los ocho meses. Es una variedad foránea que se utiliza para elaborar fariña, beshú, tapioca, masato y paiyawaru **Nuñes C., Brañas M., Del Aguila M (2018).**

### 3.2.3. Putura. Nombre en español: flor.

Plantas arbustivas con raíces que presentan la cutícula de color marrón y su rizodermis color guinda, su pulpa es de color blanco. Sus tallos son de color neutro camello, con 3 nudos en cada segmento de 10cm y 2 cm de distancia entre los nudos en cada segmento de 10 cm y 2 cm de distancia entre los nudos. Sus peciolo miden 11cm de largo y 1,5 mm de ancho. Las estipulas son acrescentes, de 10,7 mm de largo. Sus hojas presentan 7 lóbulos, de 11cm de largo y 13,3 cm de ancho. Hojas adultas de color morado. La forma del lóbulo central es elíptica, con 3 cm de ancho. El ápice es agudo, con base redondeada. El lóbulo central presenta 9 venas secundarias, con un ángulo entre las venas principales de 210°.

Sus raíces tienden a engrosarse sin alcanzar mucha longitud. Están listas para ser cosechadas a partir de los cinco meses. Son utilizadas para elaborar beshú y masato **Nuñes C., Brañas M., Del Aguila M (2018)**.

### 3.2.4. Kuya.

Plantas arbustivas con raíces que presentan la cutícula de color marrón y su rizodermis de color guinda, la pulpa es de color amarillo. Los peciolo de sus hojas miden 14 cm de largo y 2,2 mm de ancho. Sus estípulas son acrescentes, de 2,6 mm de largo. Presentan hojas con 7 lóbulos, de 13 cm de largo y 18,5 cm de ancho. La forma del lóbulo central es elíptica, de 2 cm de ancho. El ápice es agudo con base redondeada. El lóbulo central presenta 13 venas secundarias, con ángulo entre las venas principales de 170°.

Es una variedad foránea considerada por algunas familias como dulce. Está presente en algunas chacras en la comunidad de Bufe Cocha. Es muy probable que sea una de las vacaciones moderadamente venenosas. Se registró su utilización para la elaboración de masato mezclándola con variedades blancas dulces, aunque los informantes señalan que con ella también elaboran fariña. Respetando el conocimiento de las informantes la clasificamos como yuca dulce. Esta variedad puede ser cosechada a partir de los cinco meses **Nuñes C., Brañas M., Del Aguila M (2018)**.

### 3.2.5. Tresmesina.

Plantas arbustivas con raíces que presenta la cutícula de color marrón y su rizodermis de color rojizo, su pulpa es de color blanco. Sus tallos son de color anaranjado suave, con 3 nudos en cada segmento de 10cm y 3 cm de distancia entre los nudos. Sus pecíolos miden 12 cm de largo y 2,2 de ancho. Las estípulas son acrescentes, de 2,1 mm de largo. Sus hojas presentan de 3 a 5 lóbulos, de 11 cm de largo y 12,7 cm de ancho. El ápice es agudo, con base redondeada. El lóbulo central presenta 5 venas secundarias, con un ángulo entre las venas principales de 104°. Tiene flores con los pétalos de color rosado. Sus frutos principales inmaduros son de color morado.

Sus raíces son gruesas y no muy largas. Es una variedad que puede ser cosechada a partir de los tres meses. Se usa para elaborar beshú, fariña y masato **Nuñes C., Brañas M., Del Aguila M (2018).**

### 3.2.6. Lucero.

Planta arbustiva con raíces que presentan la cutícula de color amarillo marfil y su rizodermis de color naranja bali, la pulpa es de color blanco. Sus pecíolos miden 8 cm de largo y 1,9 mm de ancho, son de color morado. Las estípulas son acrescentes, de 1,7 mm de largo. Sus hojas presentan 7 lóbulos de 9,5 cm de largo y 2,5 cm de ancho. El lóbulo central tiene forma elíptica y 2,5 cm de ancho. Presenta un ápice agudo, con base cordata. El lóbulo central presenta 8 venas secundarias con un ángulo entre las venas principales de 210°.

Es una variedad que puede ser cosechada a partir de los seis meses. Con ella se puede elaborar fariña y masato **Nuñes C., Brañas M., Del Aguila M (2018).**

### 3.2.7. Vega

Planta arbustiva con raíces que presentan la cutícula de color marrón y su rizodermis de color rojizo, la pulpa de color blanco. El tallo es de color rojizo, con 6 nudos en cada segmento de 10 cm y 2 cm de distancia entre los nudos. Presenta estípulas acrescentes de 12,1 mm de largo. Sus hojas

tienen 3 lóbulos, de 6 cm de largo y 7 cm de ancho, de color morado cuando son jóvenes, verdes cuando alcanzan la madurez. El lóbulo central tiene forma elíptica, de 1,7 cm de ancho. Ápice agudo con base redondeada. El lóbulo central presenta 8 venas secundarias y un ángulo entre las venas principales de 120°. La flor tiene pétalos de color cremoso o rasado claro. Sus frutos maduros son de color verde.

Variedad que puede ser cosechada a partir de los seis meses. Con ella se elabora masato, fariña, beshú, tapioca y paiyawaru **Nuñes C., Brañas M., Del Aguila M (2018).**

### **3.2.8. Buxrexe. Nombre en Español: Lombriz.**

Planta arbustiva con raíces que presentan la cutícula de color marrón y su rizodermis de color cremosos, su pulpa color blanco. Su tallo es de color beige, con 4 nudos en cada segmento de 10 cm y 3 cm de distancia entre los nudos. Sus peciolos son de color verde, de 13,3 cm de largo y 2,1 mm de ancho. Presenta las estipulas acrescentes, de 2,1 mm de largo. Sus hojas tienen 7 lóbulos, de 10 cm de largo y 12,5 cm de ancho. El lóbulo central tiene forma elíptica, de 2,5 cm de ancho. Ápice agudo con base redondeada. El lóbulo central con 6 venas secundarias, ángulo entre las venas principales de 233°.

Esta variedad puede ser cosechada a los seis u ocho meses con ella se elabora masato y fariña **Nuñes C., Brañas M., Del Aguila M (2018).**

### **3.2.9. Yauxwa.**

Planta arbustiva con raíces que presenta la cutícula de color marrón y su rizodermis de color rosáceo, su pulpa es de color blanco. El tallo es de color gris, con 5 nudos en cada segmento de 10 cm, 2cm de distancia entre los nudos. Sus peciolos son de color verde, de 7 cm de largo y 10,3 mm de ancho, con estipulas acrescentes de 6,4 mm de largo. Sus hojas presentan de 1 a 3 lóbulos, de 10,2 cm de largo y 9 cm de ancho. El lóbulo central tiene forma elíptica, de 2,9 cm de ancho. Ápice agudo con base truncada, lóbulo central con 6 venas secundarias, ángulo entre las venas principales de 55°. Flor cerrada con os pétalos de color verde.

Puede ser cosechada a los ocho meses. Con esta variedad se elabora masato, fariña, beshú y tapioca **Nuñes C., Brañas M., Del Aguila M (2018).**

### **3.2.10. Pajarito.**

Planta arbustiva con raíces que presentan la cutícula de color marrón y su rizodermis de color rosáceo. Su tallo es de un color neutro cálido con 3 nudos en cada segmento de 10 cm y 6 cm de distancia entre los nudos. Su peciolo es de color rojizo, de 6,5 cm de largo y 3,6 mm de ancho, con estipulas acrescentes de 1,6 mm de largo. Sus hojas jóvenes son de color marrón, con 1 a 3 lóbulos de 8,5 cm de largo y 11 cm de ancho. El lóbulo central tiene forma elíptica, con 2,3 de ancho. El ápice es agudo con base redondeada, lóbulo central con 8 venas secundarias, ángulo entre las venas principales de 90°. El pétalo de la flor es de color verde – crema. Su fruto inmaduro es de color verde con surcos rojos.

Puede ser cosechada a los ocho meses. Con ella se elabora masato, fariña, beshú y tapioca **Nuñes C., Brañas M., Del Aguila M (2018).**

### **3.2.11. Cocama.**

Planta arbustiva con raíces que presenta la cutícula de color marrón y su rizodermis de color guinda, con la pulpa de color blanco. Su tallo es de color verde claro o marrón, con 2 nudos en cada segmento de 10 cm y 3 cm de distancia entre los nudos. Sus peciolos son de color rojizo, de 7 cm de largo y 1,2 mm de ancho, con estipulas acrescentes de 2,1 mm de largo. Sus hojas nuevas son de color verde, con 2 lóbulos, de 10 cm de largo y 6,5 cm de ancho. Su lóbulo central tiene forma elíptica, de 3,4 cm de ancho. Ápice agudo con bases redondeadas, lóbulo central con 7 venas secundarias, ángulo entre las venas principales de 148 °. El pétalo de la flor es de color verde – amarillento. Su fruto maduro es verde y marrón.

Esta variedad puede ser cosechada a los cuatro meses. Con ella se elabora fariña y beshú **Nuñes C., Brañas M., Del Aguila M (2018).**

### **3.2.12. Paruma.**

Planta arbustiva con raíces que presentan la cutícula de color marrón y su rizodermis de color cobre, su pulpa es de color blanco. Su tallo es de color marrón, con 2 nudos en cada segmento de 10 cm y 6 cm de distancia entre los nudos. Sus peciolos son de color rojizo, de 7,5 cm de largo y 1,2 mm de

ancho, con estipulas acresentes de 2,9 mm de largo. Sus hojas nuevas son de color marrón, con 1 a 3 lóbulos, de 10,3 cm de largo y 2,5 cm de ancho. Lóbulo central con forma elíptica, de 4,5 cm de ancho. La forma del ápice es aguda, con base redondeada, lóbulo central con 7 venas secundarias, ángulo entre las venas principales de 65°.

El pétalo de la flor de color verde canela. Su fruto inmaduro es de color verde, marrón cuando alcanza la madurez.

Puede ser cosechada a los siete u ocho meses. Con ella se elabora fariña y beshú **Nuñes C., Brañas M., Del Aguila M (2018).**

### **3.2.13. Chiura. Nombre en español: Señora, Señorita.**

Planta arbustiva con raíces que presentan la cutícula de color marrón y su rizodermis de color cobre, su pulpa es de color blanco. Su tallo es color marrón- verde, con un nudo en cada segmento de 10 cm y 6 cm de distancia entre los nudos. Sus pecíolos son de color verde, con 23,5 cm de largo y 3 mm de ancho, con estipulas acresentes de 3,5 mm de largo. Sus hojas nuevas son de color verde - marrón, con 7 lóbulos, de 13 cm de largo y 21 cm de ancho. Su lóbulo central tiene forma elíptica, con 3,5 cm de ancho. Ápice agudo con base lobada, lóbulo central con 9 venas secundarias. Angulo entre las venas principales de 197°.

Esta variedad puede ser cosechada de los seis a los ocho meses. Con ella se elabora masato. Fariña. Beshú y tapioca **Nuñes C., Brañas M., Del Aguila M (2018).**

### **3.2.14. Pau. Nombre en español: Pan.**

Planta arbustiva con raíces que presentan la cutícula de color marrón y su rizodermis de color rosado, su pulpa es de color blanco. Su tallo es de color marrón – verde, con 4 nudos en cada segmento de 10 cm y 4 cm de distancia entre los nudos. Sus pecíolos son de color rojo, de 8 cm de largo y 1,5 mm de ancho, con estipulas acresentes de 5,4 mm de largo. Sus hojas jóvenes son de color verde, con 3 lóbulos, de 10,5 cm de largo y 14,3 cm de ancho. Lóbulo central con forma elíptica, con 2,8 cm de ancho. Ápice agudo con base cordata, lóbulo central con 8 venas secundarias, ángulo entre las venas principales de 95°. El pétalo de la flor es de color verde - crema y rosado – claro. Su fruto joven es color verde.

Puede ser cosechada de los seis meses. Con esta variedad se elabora masato, fariña, beshú y tapioca **Nuñes C., Brañas M., Del Aguila M (2018).**

### **3.3. YUCAS BRAVAS.**

Es muy probable que las variedades amarillas o bravas de la yuca no hayan ocupado un lugar importante en la chacra tradicional antes de la llegada de los europeos a los territorios Ticuna. La apertura de los mercados locales condicionó la adopción definitiva de variedades bravas usadas tradicionalmente por los pueblos tupí, pero poco aprovechadas por pueblos como los yagua o los Ticuna **Nuñes C., Brañas M., Del Aguila M (2018).**

#### **3.3.1. Orawana. Nombre en español: Arahua.**

Planta arbustiva con raíces que presentan la cutícula y rizodermis de color guinda con la pulpa de color amarillo. Su tallo es de color lima suave, con un nudo en cada 10 cm y 6 cm de distancia entre los nudos. El peciolo de la hoja joven y adulta es de color rojizo con áreas de color verde, con 7,7 cm de largo y 1,5 de ancho. Sus estípulas son acrescentes, de 0,82 mm de largo. Las hojas adultas presentan 3 lóbulos, de 10,2 cm de largo, 13,9 cm de ancho, con forma elíptica, de 2,4 cm de ancho. Su ápice es agudo, con base redondeada. Lóbulo central con 9 venas secundarias, con un ángulo entre las venas principales de 98°. Su flor, de pétalos que no se abren, es de color crema - verdoso. Frutos colectados no maduros, el inmaduro es de color verde.

Es una variedad que puede ser cosechada a partir de los ocho meses. Por lo general es usada para elaborar fariña o extraer almidón para la elaboración de beshú o tapioca **Nuñes C., Brañas M., Del Aguila M (2018).**

#### **3.3.2. Wochine. Nombre en español: Lupuna.**

Planta arbustiva con raíces que presentan la cutícula de color marrón y su rizodermis de color rojizo, su pulpa es de color amarillo. Su tallo es de color grisáceo, con 2 nudos en cada segmento de 10 cm y 6 cm de distancia entre los nudos. Sus peciolo jóvenes y adultos son de color verde, de 5,7 cm de largo y 1,3 mm de ancho, con estípulas acrescentes de 1,7 mm de largo. Sus hojas presentan 2 lóbulos, de 8,2 cm de largo y 7,3 cm de ancho. La forma de lóbulo central es elíptica, de 3 cm de ancho. El ápice es agudo y con base redondeada. Su lóbulo central presenta 4 venas secundarias,

ángulo entre las venas principales de 100°. La flor presenta pétalos de color crema. Sus frutos inmaduros son de color verde.

Variedad que puede ser cosechada a partir de los seis meses. Por lo general, es usada para elaborar fariña, beshú y tapioca **Nuñes C., Brañas M., Del Aguila M (2018).**

### **3.3.3. Santa Rita.**

Planta arbustiva con raíces que presentan la cutícula de color marrón y su rizodermis de color rosáceo, su pulpa es de color amarillo. Su tallo es de color marfil, con 6 nudos en cada segmento de 10 cm y 2 cm de distancia entre los nudos. Sus peciolos son de color rojo – guinda, de 17 cm de largo y 2,3 mm de ancho, con estipulas acrescentes de 2,5 mm de largo. Sus hojas jóvenes son de color verde, con 7 lóbulos, 14 cm de largo y 15 cm de ancho. Su lóbulo central tiene forma elíptica, de 1,2 cm de ancho. Ápice agudo con base sagitada, lóbulo central con 23 venas secundarias, ángulo entre las venas principales de 274°.

Variedad que puede ser cosechada a partir de los seis meses. Por lo general es usada para elaborar fariña y beshú **Nuñes C., Brañas M., Del Aguila M (2018).**

### **3.3.4. Moniaka. Nombre en español: mandioca.**

Planta arbustiva con raíces que presentan la cutícula de color marrón y su rizodermis de color rojizo, su pulpa es de color amarillo, con un arilo de color blanco que la separa de la corteza interna. Sus tallos son de color gris, con 3 nudos en cada segmento de 10 cm y 3 cm de distancia entre los nudos, sus peciolos son de color verde y rosado, de 6 cm de largo y 1,8 mm de ancho, con estipulas acrescentes de 6,2 mm de largo. Sus hojas presentan de 3 a 5 lóbulos, de 7,7 cm de largo y 10 cm de ancho. La forma del lóbulo central es elíptica, de 10 cm de ancho. El ápice es agudo, con base redondeada, lóbulo central con 7 venas secundarias, ángulo entre las venas principales de 110°. Sus flores presentan pétalos de color amarillo con margen rosado.

Variedad que puede ser cosechada a partir de los seis meses. Por lo general es usada para elaborar fariña y beshú **Nuñes C., Brañas M., Del Aguila M (2018).**



### **3.3.5. Ngobu. Nombre en español: Motelo.**

Planta arbustiva con raíces que presentan la cutícula y rizodermis de color bronce, su pulpa es de color amarillo. Sus tallos son de color gris neutro, con 5 nudos en cada segmento de 10 cm y 2 cm de distancia entre los nudos. Sus pecíolos son de color verde claro, con destellos rojizos, de 9,5 cm de largo y 2,4 mm de ancho. Sus estípulas son acrescentes, de 1,8 mm de largo. Sus hojas jóvenes son de color verde, con 1 a 3 lóbulos de 9,2 cm de largo y 12,5 cm de ancho. La forma del lóbulo central es elíptica, de 2,3 cm de ancho. Ápice agudo entre las venas principales de 100°. Sus flores presentan pétalos de color verde claro. Su fruto maduro es de color marrón oscuro.

Variedad que puede ser cosechada a partir de los seis meses. Por lo general es usada para elaborar fariña y beshú. Su almidón es de buena calidad **Nuñes C., Brañas M., Del Aguila M (2018).**

### **3.3.6. Barandilla.**

Planta arbustiva con raíces que presentan la cutícula y rizodermis de color anaranjado. Su tallo es de color verde, con 4 nudos en cada segmento de 10 cm y 5 cm de distancia entre los nudos. Sus pecíolos son de color verde, de 10,5 cm de largo y 2,1 mm de ancho, con las estípulas acrescentes, de 1,8 mm de largo. Sus hojas jóvenes son de color marrón, con 4 lóbulos, de 11 cm de largo y 16,5 cm de ancho. La forma del lóbulo central es elíptica, 2,2 cm de ancho. Ápice agudo con base truncada, lóbulo central con 9 venas secundarias, ángulo entre las venas principales 180°.

Variedad que puede ser cosechada a partir de los seis meses. Por lo general es usada para elaborar fariña beshú **Nuñes C., Brañas M., Del Aguila M (2018).**

### **3.3.7. Arené.**

Planta arbustiva con raíces que presentan la cutícula de color marrón y su rizodermis de color cobrizo, su pulpa es de color amarillo. Sus tallos son de color verde claro, con 4 nudos en cada segmento de 10 cm y 3 cm de distancia entre los nudos. Sus pecíolos son de color verde, de 7,6 cm de largo y 1,8 mm de ancho, con estípulas acrescentes de 6,8 mm de largo. Sus hojas jóvenes son de color verde, con 1 a 3 lóbulos. De 10,5 cm de

largo y 1,5 cm de ancho. La forma del lóbulo central es elíptica, con 4,2 cm de ancho. Ápice agudo con base convexa. Su lóbulo central presenta 5 venas secundarias, ángulo entre las venas principales de 55°. Sus flores presentan los pétalos de color verde claro. Sus frutos inmaduros son de color verde claro, casi blancos.

Variedad que puede ser cosechado a partir de los seis meses. Por lo general es usada para elaborar fariña **Nuñes C., Brañas M., Del Aguila M (2018).**

### **3.3.8. Wokae. Nombre en español: Arpán.**

Plantas arbustivas con raíces que presentan la cutícula de color marrón y su rizodermis de color cobrizo oscuro, con pulpa de color amarillo. Su tallo es de color marrón claro, con 3 nudos en 10 cm, con 4 cm de distancia entre los nudos. Su pecíolo es de color verde claro, de 10,5 cm de largo y 3,1 de ancho. Sus estipulas son acrescentes de 2,5 mm de largo. Sus hojas jóvenes son de color verde, con 7 lóbulos, de 9 cm de largo y 12 cm de ancho. Las hojas adultas tienen 9 lóbulos. La forma del lóbulo central es elíptica, con 2,5 cm de ancho, su ápice es agudo con base truncada y el lóbulo central con 10 venas secundarias, con un ángulo entre las venas principales de 186°.

Variedad que puede ser cosechada a partir de los seis meses. Por lo general es usada para elaborar fariña, beshú y tapioca, debido a que posee un almidón de muy buena calidad **Nuñes C., Brañas M., Del Aguila M (2018).**

### **3.3.9. Waira. Nombre en español: Asaí.**

Plantas arbustivas con raíces que presentan la cutícula de color marrón y su rizodermis de color rosado, su pulpa es de color amarillo. Su tallo es de color verde claro, con 6 nudos en cada segmento de 10 cm y 2 cm de distancia entre los nudos. Su pecíolo es de color rojizo, de 13 cm de largo y 2 mm de ancho. Presenta estipulas acrescentes, de 2,6 mm de largo. Las hojas jóvenes son de color verde, con 7 lóbulos, de 16,5 cm de largo y 17 cm de ancho. La forma del lóbulo central es elíptica, con 1,2 cm de ancho. El ápice es agudo con base cordata. Folio central con 17 venas secundarias, ángulo entre las venas principales de 237°.

Variedad que puede ser cosechada a partir de los tres a seis meses. Por lo general es usada para elaborar fariña, beshú y tapioca. Su almidón es de buena calidad **Nuñes C., Brañas M., Del Aguila M (2018).**

### **3.4. PRODUCTOS ALIMENTICIOS.**

Existen diferentes productos elaborados a partir de la yuca que dependiendo de la región donde se cultive esta raíz constituyen productos autóctonos o típicos de cada población. Entre los más conocidos se encuentran fariña, raspa, tapioca, gari, casabe, almidón agrio de yuca, harina de yuca, pandeyuca, pandebono, enyucado, carimañolas, diabolines, croquetas de yuca, bollo de yuca, bibingka de yuca, torta de yuca y croquetas de yuca **Aristizábal y Saanchez (2007).**

#### **3.4.1. Ejemplos de alimentos tradicionales.**

##### **3.4.1.1. Farinha o Fariña.**

Las raíces se limpian superficialmente y son ralladas, luego se envuelve esta masa en hojas y se le comprime con un instrumento adecuado, desde el tradicional tipití hasta filtro-prensas, que permitan retirar la mayor cantidad de líquido posible. Este material se mezcla con un poco de pulpa que se ha dejado fermentar durante tres días para darle mejor calidad. La pasta se amasa y se pasa por un cedazo obteniéndose una harina ligeramente húmeda. Después se coloca en un recipiente sobre un horno plano cubierto en su parte superior de losas de granito, con lo que se consigue un calor uniforme sin peligro de que se queme la pasta. Con una pala de madera, se da vueltas a la pulpa continuamente durante 3-4 horas de cocción, obteniéndose un producto granular y apenas tostado. Si se mantiene seca, la fariña puede conservarse indefinidamente.

Constituye un excelente preparado que se consume generalmente como el arroz y es muy usada en Brasil, acompañado con otros alimentos, especialmente carne y salsa **Aristizábal y Sánchez (2007).**

##### **3.4.1.2. Raspa**

Las raíces peladas se cortan en trozos grandes y se secan. El producto seco se muele, se tamiza y la harina conocida como fariña de raspa, se mezcla con la harina de trigo para la fabricación de pan, macarrones y galletas. Es un producto elaborado en Brasil **Aristizábal y Sánchez (2007).**

### **3.4.1.3. Tapioca**

Se obtiene del lavado de masa rallada de yuca, sobre un trapo, encima de un recipiente de madera, agitándose cada parte en aguas distintas hasta que se ha extraído casi todo el almidón. Los recipientes con la lechada de almidón se dejan aparte para que esta se asiente. Después de algún tiempo se decanta el agua y se extiende el almidón al sol en esteras de caña, en las que se seca durante dos días, obteniéndose la harina de tapioca.

Este producto se usa en Brasil para hacer tortas **Aristizábal y Sánchez (2007)**.

### **3.4.1.4. Gari**

En áreas rurales, las raíces son peladas, ralladas y la pulpa se pone en un gran saco de tela y se deja al sol para escurrir y fermentar comprimida por pesos que se colocan sobre esta (piedras o maderos). Cuando la pulpa está suficientemente seca, se retira del saco para un secado final; esta se tuesta o fríe (a menudo con aceite de palma) hasta que se seca y se muele obteniéndose el producto en forma de harina gruesa. En el proceso de fermentación la masa se semidextriniza por acción del calor, se libera el ácido cianhídrico a bajo pH por hidrólisis espontánea del glucósido cianogénico de la yuca y se desarrolla el sabor característico del gari. En la primera etapa del proceso, se producen ácidos láctico y fórmico por acción bacteriana sobre el almidón y finalmente a más bajo pH es atacado por un hongo que aumenta la acidificación y produce el aroma característico. Este alimento es popular entre los grupos de bajos ingresos de África occidental **Aristizábal y Sánchez (2007)**.

### **3.4.2. Harina de yuca industrial.**

La harina de yuca es obtenida por el proceso de molienda y tamizado de trozos secos de yuca. Las raíces de yuca son lavadas para retirar las impurezas y la cascarilla y son troceadas en una picadora. Los trozos son secados al sol o artificialmente y una vez secos son molidos y tamizados para obtener la harina.

La harina de yuca es usada para el consumo humano en la industria de la panificación, en la preparación de harinas compuestas trigo – yuca para la

elaboración de pan y galletas, fideos y macarrones, como relleno para carnes procesados; como espesante de sopas deshidratadas, condimentos, papillas y dulce de leche y para la elaboración de harinas precocidas y mezclas instantáneas **Aristizábal y Sánchez (2007)**.

### **3.4.3. Almidón agrio de yuca.**

La obtención de almidón agrio o fermentado de yuca tiene las mismas etapas de producción del almidón nativo, con la diferencia de que incluye una etapa de fermentación previa al secado. Las raíces de yuca son lavadas para eliminar tierra e impurezas y retirar la cascarilla. Luego, son ralladas para liberar los gránulos de almidón y la masa obtenida es lavada y filtrada o colada en una tela y la lechada es decantada en canales. El almidón precipitado es traspasado a tanques donde fermenta en forma natural, en condiciones anaeróbicas, por aproximadamente 30 días y luego es secado al sol, lo que le da a este almidón propiedades de expansión en el horneado. El almidón agrio adquiere, además, características especiales de sabor, textura y olor que son deseables en la panificación. Se emplea en la elaboración de productos horneados como pandebono, pandeyuca y bocadillos tales como «rosquillas» y «besitos». Este almidón es tradicional en Brasil y Colombia **Alarcón y Dufour (1998)**.

### **3.4.4. Panes y Tortas.**

#### **3.4.4.1. Casabe**

Las raíces son lavadas, se les quita la corteza y luego son ralladas. A la masa rallada se le extrae parte de la humedad colocándola en el interior de un cesto cilíndrico, alargado y angosto fabricado en palma (bordoncillo) llamado tipití o sebucán, el cual es suspendido y comprimido al estirarse bajo la acción del peso de piedras amarradas a su extremidad o bien al de una persona que coloca transversalmente un madero y se sienta sobre el mismo; al extenderse, el sebucán va exprimiendo el jugo amargo blanquecino, denominado yare que contiene gran porcentaje de ácido cianhídrico. De dicho jugo se extrae el almidón por simple decantación y evaporación. Luego, la masa relativamente seca es extraída del sebucán y es cernida mediante un tamiz con el objeto de separar la parte fibrosa

que es empleada en la alimentación del ganado porcino; la parte final es depositada en cestones **Ospina y Ceballos (2002)**.

La harina semiseca y cernida se extiende sobre una plancha caliente circular de aproximadamente 50 cm de diámetro, generalmente calentada con leña, La harina es calentada hasta que adquiere un ligero color oscuro por un lado, formando una torta sólida delgada. En este proceso la torta va perdiendo humedad y eliminando el ácido cianhídrico. Luego se da la vuelta a la torta ya formada para añadirle otra porción de harina para hacer la cara del casabe puliendo su superficie. Las tortas se extienden sobre armazones de caña para terminar de secarlas bajo la acción del sol o cerca de los fogones donde son preparadas de modo que permita captar calor proveniente del fuego; de esta forma se logra que la torta quede parcialmente tostada y crocante quedando listas para ser consumidas. El casabe es de textura dura y tiene un sabor excelente; generalmente se consume después de humedecerlo en una salsa. Este producto es muy común en las islas del Caribe, Colombia y Venezuela **Aristizábal y Sánchez (2007)**.

#### **3.4.4.2. Pandeyuca**

Para su preparación se mezclan 500 g almidón de yuca agrio o fermentado de yuca con 250 g de queso rallado, se adicionan dos huevos, una cucharada de mantequilla y una cucharadita de polvo de hornear; se mezclan los ingredientes y se hacen los panes en la forma que se deseen, generalmente en forma de media luna, se colocan en el horno a 200 °C y se dejan dorar. Este producto es muy popular en Colombia **Ospina y Ceballos (2002)** .

#### **3.4.4.3. Pandebono**

Se mezclan 250 g de almidón agrio de yuca con 500 g de queso rallado, 100 g de harina de maíz y luego se adicionan lentamente 125 mL de leche, 50 g de mantequilla y 30 g de azúcar formando una masa o pasta suave y consistente. Después se forman bolas o rosquillas, se colocan en un molde y se llevan a un horno precalentado a 180 °C por 15 minutos hasta que los panes obtengan un color dorado. Este producto es muy consumido en Colombia **Ospina y Ceballos (2002)**.

#### **3.4.4.4. Enyucado**

La yuca cruda es rallada y se le adiciona mantequilla, azúcar, natas de leche y se mezcla bien. Aparte, se ralla un coco y se le agrega agua, la cual ha sido hervida previamente con anís. Se mezclan todos los ingredientes para formar una pasta muy suave. La mezcla se vierte en un molde engrasado con mantequilla, se coloca al horno a fuego moderado por media hora o hasta que dore. Puede adicionarse dulce de guayaba como cubierta **Ospina y Ceballos (2002)**.

#### **3.4.4.5. Carimañolas.**

La yuca es pelada, cocida y molida. Luego se amasa muy bien con sal al gusto y se toman porciones del tamaño de un huevo, se presiona con el dedo pulgar en el centro y se pone dentro de ellas el relleno de carne, se cierran y se ponen a freír en aceite bien caliente hasta que se doren (se pueden rellenar también con queso rallado, con pollo o pescado desmenuzado). A las masas formadas se les puede agregar un poco de masa de maíz para evitar que al freír queden demasiado embebidas en aceite **Ospina y Ceballos (2002)**.

#### **3.4.4.6. Diabolines**

Se mezclan almidón de yuca, queso rallado, huevos y agua con sal y se forman bolitas que se meten a un horno a 190 °C hasta que doren en 15-20 minutos **Ospina y Ceballos (2002)**.

#### **3.4.4.7. Bollo de yuca**

La yuca se pela y se cocina unos 20 minutos de modo que no quede muy blanda. Luego se muele con uno por ciento de sal y se amasa, se envuelve en hojas de maíz formando el bollo, se amarran y se ponen a cocinar en agua por media hora **Ospina y Ceballos (2002)**.

#### **3.4.4.8. Bibingka de yuca**

La yuca se pela y se ralla. Se baten huevos y se agregan azúcar, mantequilla y sal, y se mezclan bien. Luego, se adiciona la yuca rallada y la leche de un coco mezclando bien.

Se coloca la masa en el horno a 190 °C en un molde forrado con hojas de plátano. Poco antes de terminar la cocción, se cubre con coco rallado y

se esparce queso rallado o en tiras. Luego se coloca en el horno hasta que dore **Ospina y Ceballos (2002)**.

#### **3.4.4.9. Torta de harina de yuca**

Harina de yuca y harina de trigo son mezcladas en igual proporción. Luego se adicionan huevos, mantequilla y queso molido y se mezcla muy bien. Se engrasa un molde, se espolvorea con harina de trigo y se vierte sobre esta la mezcla anterior. Se lleva a un horno precalentado a 180 °C durante 45 minutos **Alarcón y Dufour (1998)**.

#### **3.4.4.10. Croquetas de yuca**

La yuca es cocinada en agua hasta que esté blanda. Luego es molida y se le adiciona un poco de sal. La masa es formada en un embudidor, en forma de astillas y luego son prefritas en aceite durante un minuto a una temperatura entre 170-180 °C. Después, las croquetas se dejan enfriar hasta que adquieren la temperatura del ambiente. Enseguida se someten a una congelación rápida a -30 °C por 24 horas, al final de las cuales pueden ser freídas en aceite durante 2-3 minutos a una temperatura de 170 °C **Aristizábal y Saanchez (2007)**.

### **3.4.5. Toxicidad y liberación de ácido cianhídrico de la Yuca.**

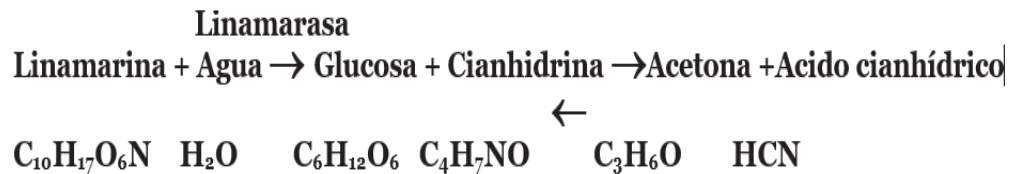
Las variedades de yuca se clasifican en dulces o amargas, según el bajo o alto contenido de cianuro en las raíces. El cianuro en las raíces y en los tejidos de la planta de yuca se encuentra en dos formas: cianuro libre y cianuro ligado o combinado. Tanto la raíz como el follaje de yuca contienen cantidades variables de cianuro **Aristizábal y Sánchez (2007)**.

#### **3.4.5.1. Compuestos tóxicos**

El cianuro está constituido por dos tipos de glucósidos cianogénicos: linamarina y lotaustralina. Aproximadamente el 85-90 por ciento del cianuro total de los tejidos en la yuca se encuentra como cianuro ligado o linamarina y solo el 10-15 por ciento como cianuro libre o lotaustralina **Alarcón y Dufour (1998)**.



Los glucósidos linamarina y lotaustralina al hidrolizarse por medio de la acción de la enzima linamarasa, dan origen a glucosa y cianhidrina, donde esta última se descompone en acetona y ácido cianhídrico libre gaseoso; este último es el que puede ocasionar toxicidad en el organismo cuando supera los niveles de seguridad.



Estos compuestos también son considerados responsables de la repelencia que las plantas ejercen sobre algunos insectos fitófagos o herbívoros en general. Lo mismo sucede en variedades con altos contenidos de estos glucósidos en lo que respecta a la tolerancia a ciertas enfermedades.

El nivel de glucósidos cianogénicos o ácido cianhídrico total presente en la raíz o follaje de yuca, determina la diferencia entre variedades amargas (de mayor toxicidad) y variedades dulces. Según las experiencias del CIAT en manejo de variedades de yuca (Aristizábal y Sánchez 2007), las variedades con menos de 180 ppm de HCN (en base seca) se clasifican como variedades dulces, las que poseen entre 180-300 ppm se clasifican en el rango intermedio y las que tienen un contenido de HCN mayor de 300 ppm son consideradas como variedades amargas. El contenido cianogénico de los distintos tejidos de una planta de yuca es considerablemente afectado por las condiciones edafoclimáticas del ambiente en que crece y por su edad al momento de la cosecha. Las raíces de un determinado cultivar pueden ser dulces cuando son producidas en un ambiente o más amargas en otros sitios. Sin embargo el contenido cianogénico de las variedades amargas, tiende a ser consistentemente mayor, hasta 1 000 mg de HCN por kilo de raíces frescas, que el de las variedades dulces, 20 mg de HCN por kilo de raíces frescas. No se conocen variedades de yuca que carezcan de cianógenos **Ospina y Ceballos (2002).**

El ácido cianhídrico se halla en mayor concentración en la corteza de la raíz –cáscara que se encuentra debajo de la cascarilla- que en la pulpa y es mayor en la periferia de esta que en el centro de la misma. La concentración de cianuro en las hojas varía, siendo mayor en las hojas tiernas o jóvenes que en las hojas adultas y, en general, las hojas poseen concentraciones similares a las encontradas en la cáscara de las raíces. En las variedades dulces, la mayor proporción de ácido cianhídrico se encuentra en la corteza, mientras que en las variedades amargas este se distribuye más uniformemente en la corteza y en la pulpa. No existen estudios que demuestren una relación entre la morfología de la yuca y su contenido de glucósido cianogénico **Aristizábal y Sánchez (2007)**.

#### **3.4.5.2. Liberación de HCN**

El cianuro ligado o linamarina libera ácido cianhídrico al tratarla con ácidos diluidos.

En forma natural, la liberación del HCN se debe a la acción de la enzima linamarasa, la cual se encuentra normalmente en los tejidos de la planta de yuca, especialmente en la cáscara de la raíz y en las hojas. El contacto de la enzima con la linamarina ocurre cuando los tejidos sufren daños mecánicos o por trituración o destrucción de la estructura celular de la planta o tejidos. Por lo tanto, cuanto mayor sea la trituración más fácil es la liberación del HCN en la yuca; además, la temperatura y la humedad aceleran el proceso de liberación del HCN. Al picarse las raíces, la proporción de cianuro libre aumenta rápidamente a rangos de 30-40 por ciento del cianuro total comparado con los niveles de 10-15 por ciento de cianuro libre observados en la cáscara o en la pulpa cuando se analizan por separado **Aristizábal y Sánchez (2007)**.

Para almidones y harinas de yuca usadas como alimento la Comisión Conjunta FAO-OMS de Normalización de Alimentos, estableció como criterio un límite máximo de 10 mg/kg de HCN. Además, la conferencia conjunta de expertos en aditivos alimentarios de la FAO y de la OMS, consideró que no era posible estimar la cantidad de glucósido cianógeno que puede ser ingerida sin riesgo para la salud ya que se carece de una determinación cuantitativa de la toxicidad y no se dispone de información

epidemiológica se llegó a la conclusión de que si la cantidad de HCN es inferior a 10 mg/kg no se puede establecer relación con la toxicidad aguda **Aristizábal y Sánchez (2007)**.

Salvo algunas excepciones, especialmente cuando los niveles de cianuro iniciales son relativamente altos y el tiempo de secado es corto, el cianuro residual en el producto seco puede ser superior a 100 ppm. Las raíces que presentan un alto contenido de este compuesto retienen suficiente cantidad después de la cocción lo que perjudica el sabor del alimento y aumenta la toxicidad.

El método comercial más efectivo para eliminar total o parcialmente el HCN, se basa en la acción controlada del calor. Temperaturas entre 40-80 °C son efectivas para eliminar la mayor parte del ácido cianhídrico libre. La liberación del HCN puede ocurrir por deshidratación natural por acción de los rayos solares, a temperatura entre 30-40 °C el cual es un sistema seguro para destruir el ácido cianhídrico, sin afectar la acción de la enzima linamarasa. Por otro parte, el secado artificial en secadores con circulación forzada con aire caliente a temperatura de 60 °C produce una eficiente eliminación del cianuro de los trozos frescos. Normalmente, los trozos de yuca secados al sol contienen niveles de cianuro menores a los obtenidos con secado artificial. Los trozos de yuca secados al sol suelen tener niveles de cianuro residual menores a 100 ppm y la mayor parte es cianuro libre, el cual suele volatilizarse fácilmente; en cambio la mayor proporción del cianuro residual en trozos secados artificialmente se encuentra aún como cianuro ligado **Aristizábal y Sánchez (2007)**.

Usando temperaturas no inferiores a 40 °C es posible eliminar hasta cerca del 80 por ciento del ácido cianhídrico libre y cuando la temperatura llega a 60 °C se puede eliminar más del 90 por ciento. El calentamiento a temperaturas mayores de 70 °C, con poca o ninguna humedad, elimina el ácido cianhídrico libre; sin embargo, con este método también se destruye la enzima linamarasa que es la enzima que permite que los glucósidos continúen transformándose en ácido cianhídrico libre. El rango de temperatura óptimo para realizar la máxima liberación del HCN está comprendido entre 60-70 °C. **Cooke y Maduagwu (1978)** demostraron

que los procesos de secamiento lentos a baja temperatura remueven el cianuro residual de manera más efectiva que los procesos rápidos a alta temperatura.

El proceso de cocción en agua es efectivo para eliminar el HCN libre y es posible eliminar más del 90 por ciento de este cocinando la yuca durante 15 minutos. El cianuro libre es mucho más fácil de eliminar que el cianuro ligado. Si se sumergen los trozos de yuca en agua fría antes del proceso de cocción, se puede eliminar la mayor parte del HCN libre después de 4-5 horas, es decir el 10-15 por ciento del HCN total de la yuca. Sin embargo, con este método el HCN ligado (85-90 por ciento del HCN total) permanece casi intacto y es por ello que es necesario someter la yuca a mayores temperaturas.

El proceso de ensilaje de los trozos de yuca permite una rápida y total conversión del cianuro ligado a cianuro libre en prácticamente 4-7 días del inicio del proceso, al final del cual la biomasa ensilada posee un 30 por ciento del cianuro total inicial presente como cianuro libre que es el más volátil.

En resumen, los procesos normales a los cuales son sometidas las raíces de yuca para la alimentación animal, secado o ensilaje o para la alimentación humana por medio de la acción controlada del calor; constituyen medios eficientes para reducir la cantidad de cianuro a niveles inocuos.

#### **3.4.5.3. Envenenamiento con ácido cianhídrico**

La ingestión de grandes cantidades de yuca con alto contenido de cianógeno, en forma cruda o mal procesada, puede causar envenenamiento fatal; la dosis letal mínima de ácido cianhídrico en los seres humanos es de 60 ppm. Aunque la intoxicación aguda por ácido cianhídrico es poco frecuente, el consumo prolongado de pequeños niveles del tóxico puede originar problemas nutricionales y fisiológicos serios. La mayoría de los síntomas de intoxicación se pueden asociar con la afinidad del ácido cianhídrico con iones metálicos como el hierro y el cobre. El ion cianuro reacciona con el ion hierro de la hemoglobina y forma cianohemoglobina, lo que imposibilita el transporte del oxígeno en la

sangre. Asimismo, el ion cianuro puede formar complejos con algunas enzimas que tiene iones cobre como el citocromo-oxidasa, afectando ciertas reacciones del metabolismo, que pueden ocasionar depresión en los centros medulares, originando dificultades respiratorias y efectos tóxicos protoplasmáticos que pueden producir la muerte en casos extremos de intoxicación **Aristizábal y Sánchez (2007)**.

Por otra parte, en las poblaciones con altos índices de desnutrición se pueden presentar problemas de deficiencia de proteínas como el Kwashiorkor o enfermedades neurológicas como el Konzo. Se ha encontrado que cuando una enfermedad crónica ha estado asociada con el consumo de yuca, las víctimas han padecido también de una deficiencia proteínica; esto sugiere que hay una relación entre el envenenamiento por yuca y la deficiencia de proteína. Con la ayuda de la enzima rodanasa, el cuerpo humano detoxifica el cianuro mediante la formación de tiocianato, el cual es eliminado por medio de la orina; es el producto de la reacción entre el azufre orgánico de la proteína alimenticia y el cianuro libre de la yuca.

Cuando hay una exposición constante a los cianógenos de la yuca, la mayor síntesis de rodanasa impone una demanda adicional de aminoácidos de las reservas del cuerpo.

Para detoxificar un mg de HCN, el cuerpo necesita el suministro diario de cerca de 1,2 mg de azufre alimenticio proveniente de aminoácidos que contengan azufre. Si se consume regularmente yuca, las demandas de rodanasa y de los aminoácidos con azufre se agotan, y si la dieta es inadecuada, se puede perjudicar la síntesis de muchas proteínas vitales para funciones corporales, especialmente las del sistema nervioso central, dando como resultado el desarrollo de enfermedades de deficiencia proteínica. Con el tiempo, la pérdida de azufre de este sistema desencadena una parálisis súbita e irreversible **Alarcón y Dufour (1998)**.

Cuando se comparan los contenidos proteínicos del arroz, el trigo y la yuca, esta última queda evidentemente rezagada. Un adulto que consuma un kilo de yuca tiene que ingerir 52 g de proteína de otras fuentes para obtener la ingesta diaria recomendada de 65 g. Por el contrario, en

promedio, un kilo de trigo proporciona 121 g de proteína y uno de arroz 64 g. En conclusión, si el consumo de proteína es superior al adecuado, tanto para los requerimientos metabólicos generales como para la eliminación del cianuro de productos derivados de la yuca, los efectos tóxicos se reducen.

### **3.5. CARACTERÍSTICAS DEL ALMIDÓN DE YUCA.**

El almidón es quizás el polímero natural más importante que existe y es la mayor fuente de energía obtenida de varias plantas. Se encuentra en las semillas de cereales (maíz, trigo, arroz, sorgo), en tubérculos (papa), en raíces (yuca, batata, arrurruz), en semillas de leguminosas (frijoles, lentejas, guisantes), frutas (bananas y manzanas y tomates verdes), troncos (palma sago) y hojas (tabaco). El alto contenido de almidón de la yuca y su mayor proporción de amilosa, en comparación con otras fuentes de almidón, hace de este un importante cultivo industrial además de ser un cultivo alimenticio rico en calorías. El almidón de yuca es la segunda fuente de almidón en el mundo después del maíz, pero por delante de la papa y el trigo; se usa principalmente sin modificar, es decir como almidón nativo, pero también es usado modificado con diferentes tratamientos para mejorar sus propiedades de consistencia, viscosidad, estabilidad a cambios del pH y temperatura, gelificación, dispersión y de esta manera poder usarlo en diferentes aplicaciones industriales que requieren ciertas propiedades particulares **FAO (2006)**.

#### **3.5.1. Componentes del almidón**

El almidón está constituido por unidades de glucosa dispuestas en dos componentes: amilosa y amilopectina; su proporción varía de un tipo a otro según sea su fuente. Estas macromoléculas se caracterizan por su grado de polimerización o ramificación lo cual afecta su comportamiento frente a los procesos de degradación.

El contenido de amilosa y el grado de polimerización -número total de residuos anhidroglucosa presentes dividido por el número de terminales reducidos- son importantes en la determinación de las propiedades físicas, químicas y funcionales del almidón. Por ejemplo, el tamaño de los gránulos del almidón muestra relación con la proporción amilosa/amilopectina **Aristizábal y Sánchez (2007)**.

### **3.5.1.1. Amilosa**

Es un polímero lineal que consta de moléculas de glucosa unidas por enlaces glucosídicos  $\alpha$ -D-(1 $\rightarrow$ 4), el número de unidades varía entre los diferentes tipos de almidones pero generalmente se encuentra entre 1 000 unidades de glucosa por molécula de amilosa y tiene forma de espiral. En un extremo de la macromolécula la unidad de glucosa contiene el hidroxilo del carbono anomérico (a) libre, por lo cual se llama extremo reductor Aristizábal y Sánchez (2007). En el extremo opuesto, o no reductor, el hidroxilo del carbono anomérico forma parte del enlace glucosídico **(ANEXO N°2)**.

La abundancia de hidroxilos otorga propiedades hidrofílicas al polímero, impartándole afinidad por el agua. Sin embargo, debido a su linealidad, los polímeros de la amilosa tienden a agruparse muy estrechamente en forma paralela mediante la formación de puentes de hidrógeno entre los hidroxilos de los polímeros adyacentes reduciendo así su afinidad por el agua.

En soluciones diluidas, el tamaño de agregación de los polímeros se puede incrementar hasta el punto en que ocurre precipitación. En general, la estructura lineal de la amilosa favorece la formación de películas fuertes. Este fenómeno de asociación intermolecular entre las moléculas de amilosa es comúnmente llamado retrogradación.

La amilosa forma muchos complejos insolubles con un gran número de moléculas orgánicas como alcoholes alifáticos, ácidos monoglicéridos o ácidos grasos lineales; el complejo generalmente precipita cristalizándose lo que permite hacer la separación con la amilopectina. La amilosa tiene afinidad por el yodo y sus moléculas contienen segmentos hidrofílicos e hidrofóbicos. El color del complejo es característico de la amplitud de la cadena, azul para un grado de polimerización mayor de 40 y rojo, pardo o amarillo para un valor menor que este **Wurzburg (1986)**.

### **3.5.1.2. Amilopectina**

Es un polímero ramificado formado por cadenas lineales constituidas por 15-35 moléculas de glucosa unidas por enlaces  $\alpha$ -D-(1 $\rightarrow$ 4). Estas

cadena están unidas entre ellas por enlaces  $\alpha$ -D-(1 $\rightarrow$ 6) que forman los puntos de ramificación (**ANEXO N°3**). La amilopectina tiene 5-6 por ciento de enlaces  $\alpha$ -D-(1 $\rightarrow$ 6) y está constituida de alrededor de 100 000 moléculas de glucosa **Duprat et al. (1980)**.

El gran tamaño y naturaleza ramificada de la amilopectina reduce la movilidad de los polímeros e interfiere su tendencia a orientarse muy estrechamente para permitir niveles significantes de enlaces de hidrógeno. Como resultado, los soles o soluciones acuosas de amilopectina se caracterizan por su claridad y estabilidad como medida de la resistencia a gelificarse durante el almacenamiento. Los soles de amilopectina no forman películas tan fuertes y flexibles como la amilosa y no forman un complejo con yodo asociado con su coloración azul profunda.

La amilopectina en sus estructuras lineales puede formar también complejos; pero como estas partes lineales son cortas, las hélices que se forman son cortas y solo se pueden introducir moléculas pequeñas dentro de ellas. La amilopectina puede formar complejos de color rosa con el yodo y no puede formar complejos con los ácidos grasos.

Las cadenas lineales de los dos polímeros pueden formar hélices con seis moléculas de glucosa por cada ciclo. En el caso de la amilopectina, los enlaces  $\alpha$ -D-(1 $\rightarrow$ 6) son puntos de ruptura para la formación de las hélices y únicamente pueden formarse hélices cortas con las partes lineales de la molécula. En cambio hélices constituidas de 120 moléculas de glucosa pueden formarse con la amilosa.

El nivel de amilosa encontrado en el almidón varía dependiendo del origen. Muchos almidones tales como del maíz común, trigo, papa y yuca contienen alrededor de 18-28 por ciento de amilosa; el maíz y el trigo están en el extremo alto del rango, mientras la papa y la yuca están en el extremo más bajo.



**Tabla N° 2: Propiedades de los componentes del almidón**

<b>PROPIEDAD</b>	<b>AMILOSA</b>	<b>AMILOPECTINA</b>
Estructura	Lineal	Ramificada
Longitud promedio de la cadena	Aprox. 1 000	20-25
Peso molecular	40 000 hasta 10 <sup>6</sup>	200 000 hasta 10 <sup>9</sup>
Grado de polimerización	Aprox. 1 000	10 000–100 000
En solución	Hélice extendida o enrollada	Esfera irregular
Estabilidad en soluciones acuosas	Retrógrada	Estable
Acomplejamiento	Con facilidad	Con dificultad
Retrogradación	Rápida	Muy lenta
Gel	Firme e irreversible	Suave y reversible
Formación de complejos	Favorable	Desfavorable
Patrón de rayos X	Cristalino	Amorfo
Digestibilidad de la $\alpha$ – amilasa	Casi complete	Cerca de 60 %
Reacción con yodo	19-20 %	5-9 %
Color con la solución de yodo	Azul profundo	Violeta
Longitud de onda máxima (nm)	Aprox. 660	530-550
<b>Fuente: (Aristizábal y Sánchez 2007)</b>		

El almidón de yuca tiene entre 17-22 por ciento de amilosa. La estructura y la cantidad relativa de ambos componentes del almidón juegan un papel importante en la determinación de las propiedades fisicoquímicas del almidón **(TABLA N°2)**.

La organización intramolecular entre amilosa y amilopectina con enlaces hidrógeno entre los grupos alcohólicos, directamente o a través de

moléculas de agua, conduce a la formación de zonas cristalinas (capas densas con un alto número de ramificaciones) y amorfas [(capas menos organizadas ricas en puntos de enlaces  $\alpha$ -D-(1 $\rightarrow$ 6)]. Esto da al almidón una estructura semicristalina, con propiedades específicas como la presencia de un cruce en el gránulo ante una observación con luz polarizada y la difracción de los rayos X con tres tipos de espectro que permiten diferenciar los almidones de cereales, raíces y tubérculos. Sin embargo, en esta clasificación hay algunas excepciones como la yuca que presenta un espectro similar al de los cereales.

### **3.5.2. Propiedades fisicoquímicas del almidón.**

Las propiedades fisicoquímicas son las que determinan el uso del almidón de yuca. Entre las propiedades fisicoquímicas más importantes encontramos la composición proximal (contenido de proteína cruda, extracto etéreo, fibra cruda, cenizas y humedad), las características del gránulo (tamaño, color y forma, naturaleza cristalina), el peso molecular y el contenido de amilosa.

El contenido de proteínas del almidón de yuca y de papa es bajo, cerca del 0,1 por ciento, comparado con el de los almidones de arroz y de maíz (0,45 y 0,35 por ciento, respectivamente). La proteína residual afecta el sabor y olor de los almidones de cereales y tienden a formar espuma.

Los gránulos del almidón de papa y yuca contienen un pequeño porcentaje de lípidos, comparado con los almidones de cereales -maíz y arroz- los cuales contienen respectivamente 0,6 y 0,8 por ciento. Esta composición favorece al almidón de yuca, ya que estos lípidos forman un complejo con la amilosa, la cual tiende a reprimir el hinchamiento y la solubilización de los gránulos del almidón; por esta razón se necesitan temperaturas altas (> 125 °C) para romper la estructura amilosa-lípido y solubilizar la fracción de amilosa. La mayor parte de estos lípidos son liso-fosfolípidos; es decir una cadena de ácido graso esterificada con ácido fosfórico. La presencia de sustancias grasas puede crear problemas por la tendencia a la rancidez durante el almacenamiento **Aristizábal y Sánchez (2007)**.

Los gránulos del almidón de yuca no son uniformes en tamaño y forma: son redondos con terminales truncados, un núcleo bien definido y su tamaño varía entre 4-35 mm con un promedio de 20 mm. Los gránulos de los almidones de arroz, maíz y maíz ceroso tienen forma poliédrica, mientras que los gránulos del almidón de papa son ovoides y presentan los gránulos de mayor tamaño 5-100 mm, con un promedio de 33 mm. El tamaño de los gránulos de maíz y maíz ceroso es de 5-30 mm, con un promedio de 15 mm, similar al de los gránulos del almidón de yuca. Los gránulos más pequeños son del arroz, los cuales varían de 3-8 mm, son considerados como los más resistentes a procesos con altas temperaturas como la esterilización y poseen mayor digestibilidad. En la **TABLA N°3** muestra la comparación de algunas propiedades fisicoquímicas de varios almidones.

**Tabla N° 3: Características de los gránulos de almidón.**

Almidón	Tipo	Morfología	Diámetro (µm)	Contenido de amilosa (%)	Temperatura de gelatinización (°C)	Temperatura de gelificación (°C)	Propiedades de cocción
Maíz	Cereal	Redondo poligonal	5-30	25	62-72	80	Gel opaco
Maíz ceroso	Cereal	Redondo poligonal	5-30	<1	63-72	74	Claro cohesivo
Yuca	Raíz	Ovalado truncado	4-35	17	62-73	63	Claro cohesivo tendencia a gelificar
Papa	Tubérculo	Ovalado esférico	5-100	20	59-68	64	Claro cohesivo tendencia a gelificar
Trigo	Cereal	Redondo lenticular	1-45	25	58-64	77	Gel opaco
Arroz	Cereal	Esférico poligonal	3-8	19	68-78	81	Gel opaco
Sago	Tronco	Ovalado truncado	15-65	26	69-74	74	Gel opaco

**Fuente: (Taggart 2004).**

En algunos almidones, el tamaño de los gránulos de almidón muestra relación con su proporción amilosa/amilopectina **Aristizábal y Sánchez (2007)**.

Los patrones de difracción a los rayos X de los gránulos de almidón nativo de yuca son de tipo intermedio (tipo C), entre los patrones característicos de los almidones de los cereales (tipo A) y los almidones de frutas y tubérculos (tipo B). El nivel de cristalización en el almidón de yuca es de alrededor de 38 por ciento. La cristalinidad del gránulo se debe esencialmente a la amilopectina **Taggart (2004)**.

### **3.5.3. PROPIEDADES FUNCIONALES DEL ALMIDÓN**

Las propiedades funcionales de los almidones dependen directamente de la relación amilosa/amilopectina. En los distintos cultivos amiláceos esta relación es constante, si bien cambia de una variedad a otra dentro de la especie y también entre plantas de la misma variedad.

Para apreciar el potencial del uso industrial y alimenticio del almidón de yuca es fundamental comprender las propiedades funcionales del almidón. Estas propiedades están influenciadas por factores genéticos (diferencias varietales) y por factores como la edad de la planta, la época de cosecha, la fertilidad del suelo y la precipitación, entre otras cosas.

Las características funcionales de los almidones son: solubilidad, capacidad de retención de agua, poder de hinchamiento, tendencia a retrogradar, propiedades de la pasta (viscosidad, consistencia, estabilidad del gel, claridad y resistencia al corte, formación de película), digestibilidad enzimática y capacidad de emulsificación.

Durante un tratamiento hidrotérmico, el almidón sufre una serie de modificaciones que van a influir sobre su estructura, pasando por tres fases importantes: gelatinización, gelificación y retrogradación, los cuales causan hinchamiento, hidratación, fusión y ruptura de los gránulos de almidón **(ANEXO N°4)**.

### **3.5.3.1. Gelatinización**

En una primera fase el agua se difunde por las zonas amorfas del gránulo de almidón, produciéndose un primer hinchamiento que es reversible. Durante esta etapa de cocción, la amilosa se solubiliza y el almidón sufre una dispersión coloidal constituida por una fase continua o disolvente que se enriquece en amilosa y una fase dispersa de gránulos de almidón hinchados y enriquecidos en amilopectina. En esta etapa, los gránulos conservan sus propiedades ópticas incluyendo la capacidad de refractar la luz polarizada (birrefringencia), la cual está asociada a la alineación de las moléculas dentro del gránulo. Se ha observado que los gránulos de almidón de yuca tienen baja birrefringencia a temperaturas entre 58-64 °C, comparados con los gránulos de maíz que la poseen a temperaturas entre 62-68 °C.

Si el calentamiento continúa, las moléculas de agua alrededor de los gránulos rompen los enlaces de hidrógeno en el interior de los gránulos, estos absorben agua lentamente y se hinchan. Este proceso es irreversible y ocurre después de que se alcanza una temperatura crítica que depende de la humedad presente, definida como la temperatura de transición vítrea  $T_g$  (Temperatura de gelatinización) la cual es característica de cada almidón, pero también depende de la concentración de la suspensión. Cuando la molécula de almidón está completamente hidratada empieza a expandirse -se abre la hélice de la cadena- primero hacia el extremo externo y la cadena lineal más corta (amilosa) tiende a difundirse. Alcanzada esta temperatura se incrementa el hinchamiento y la birrefringencia desaparece; este fenómeno endotérmico se denomina gelatinización **Waniska y Gomez (1992)**. La gelatinización ocurre en un intervalo de temperatura muy limitado, produce el hinchamiento del gránulo y la solubilización parcial de los polímeros, fenómenos que inducen la aparición de propiedades viscoelásticas las cuales se generan en un amplio intervalo de temperatura.

La absorción de agua y el aumento de volumen van acompañados de un fuerte aumento de la viscosidad hasta llegar a un máximo llamado pico de viscosidad, en el cual el gránulo se rompe y ocurre una difusión de amilosa

y amilopectina, generándose una mezcla de gránulos hinchados ricos en amilopectina, gránulos fundidos hidratados y moléculas disueltas de amilosa **Defloor, Dehing y Delcour (1998)**. La máxima viscosidad es el resultado del máximo hinchamiento, formándose una dispersión en medio acuoso, la cual es llamada pasta o engrudo. Cuando la temperatura de una suspensión acuosa de almidón es superior a la temperatura de gelatinización, los enlaces de hidrógeno se continúan destruyendo, las moléculas de agua empiezan a anexarse a los hidroxilos liberados y los gránulos se continúan hinchando. Como resultado directo del hinchamiento de los gránulos hay un incremento de la solubilidad del almidón.

### **3.5.3.2. Gelificación y retrogradación**

Durante la etapa de enfriamiento se distinguen dos etapas, la gelificación y la retrogradación. En la gelificación las moléculas de almidón se vuelven menos solubles y tienden a agregarse. La retrogradación es la cristalización de las cadenas de los polímeros que son agregados en el gel, cuando las pastas de los almidones son enfriadas y ocurre en tres estados: a) dilatación de las cadenas debido al rompimiento de los enlaces intermoleculares que mantienen la configuración helicoidal, b) pérdida del límite de agua seguido de una reorientación de las moléculas y, finalmente c) una formación de enlaces de hidrogeno entre moléculas adyacentes formando una estructura cristalina **Aristizábal y Sánchez (2007)**. Esta cristalización va a endurecer el gel y acarrear el fenómeno de sinéresis, es decir, la expulsión de una parte del disolvente fuera del gel que produce una caída de la viscosidad. El grado de retrogradación es afectado por la concentración de amilosa y amilopectina, tamaño molecular, temperatura, pH y los componentes diferentes al almidón presentes en el medio. Es favorecido por bajos pH, aunque a valores de  $\text{pH} < 3$  la cantidad de material precipitado disminuye debido a la hidrólisis del almidón.

La estructura de amilosa permite la formación de muchos sitios de enlace entre moléculas adjuntas por lo cual la retrogradación es asociada en gran parte con la fracción de amilosa, adicionado a su alto peso molecular. Altas concentraciones de amilosa implican formación de geles fuertes,

opacos y que sufren sinéresis. Bajas proporciones de amilosa generan dispersiones claras y viscosas que no gelifican.

### **3.5.3.3. Comportamiento de diferentes almidones**

El almidón de los tubérculos y las raíces presenta un fuerte elevamiento de viscosidad durante el cocimiento, mucho mayor que el de los cereales. Los gránulos de almidón de papa, yuca y maíz ceroso presentan picos de viscosidad más altos que los de maíz y trigo. Esto es debido a que los almidones de papa, yuca y maíz ceroso tienen mayor capacidad de absorción de agua, mayor velocidad de hidratación y se desintegran más rápidamente. El **ANEXO N°5** muestra las curvas de viscosidad de diferentes almidones nativos generadas por un viscógrafo. Los valores de viscosidad pueden variar con la temperatura, velocidad y concentración de la solución de almidón utilizada en el viscógrafo.

El almidón de maíz muestra un rápido incremento de la viscosidad después de la gelatinización, hasta llegar a un punto máximo. La viscosidad disminuirá gradualmente durante el periodo de mantenimiento de la temperatura y posteriormente tendrá un incremento muy fuerte mientras la pasta se enfría y retrograda.

El almidón de maíz ceroso prácticamente no tiene moléculas lineales de amilosa, es altamente estable y resistente a la retrogradación; al contrario, los almidones con alto contenido de amilosa tienen una retrogradación muy rápida. Su pasta permanecerá fluida y clara e incrementará su viscosidad más rápidamente que el maíz regular, su viscosidad máxima será mayor y se obtendrá más rápidamente produciendo pastas con poco cuerpo y muy cohesivas. El rompimiento será más rápido y acentuado. En el enfriamiento se presenta un ligero aumento en la viscosidad ya que no gelifica ni presenta sinéresis.

El almidón de papa absorbe más agua mostrando un máximo inicial mayor. Su temperatura de gelatinización es menor, debido a que los grupos éster-fosfato presentes en el gránulo de papa tienden a debilitar los enlaces provocando un espesamiento más rápido al calentarse. El

máximo pico de viscosidad cae rápidamente durante el mantenimiento de la temperatura. La solución muestra poca tendencia a retrogradarse durante el enfriamiento **Waniska y Gomez (1992)**.

El almidón de yuca gelatiniza a la misma temperatura del almidón de maíz y del almidón de maíz ceroso, a temperaturas relativamente bajas (62-73 °C); el pico máximo es alcanzado rápidamente, lo que implica que es un almidón fácil de cocinar y requiere menor consumo de energía durante su cocción. Además, tiene una tendencia baja a la retrogradación y produce un gel de mayor claridad y estabilidad en comparación con el de otros almidones nativos. Su temperatura de gelatinización (63 °C) es similar a la del almidón de papa, pero está por debajo de las temperaturas de gelatinización de los cereales (74-81 °C). Aunque la viscosidad de la pasta es inicialmente alta, esta decae bruscamente con agitación continuada por encima de 90 °C y con un subsecuente enfriamiento no hay formación de gel.

Este comportamiento del almidón de yuca lo hace tecnológicamente conveniente como sustrato para procesos hidrolíticos pero inapropiado como sustituto para los almidones de cereales en procesos que requieren retrogradación. Las propiedades de claridad y baja retrogradación del almidón de yuca pueden ser utilizadas en muchos productos alimenticios. Sus características reológicas se asemejan bastante al almidón del maíz ceroso. Las pastas de almidón de yuca son estables a medios ácidos por debajo de pH 2,4, medio en el cual hay destrucción del gránulo y del aspecto físico de la pasta debido a una hidrólisis parcial o total. La pasta de almidón de yuca ha sido considerada resistente al proceso de congelación, lo que disminuye generalmente la exudación de agua o sinéresis y deteriora la estructura de la pasta **Aristizábal y Sánchez (2007)**.

Si un almidón muestra un alto poder de hinchamiento y alta solubilidad esto refleja la baja fuerza de asociación en los gránulos. El poder de hinchamiento de los almidones de cereales es más limitado que el que se observa para los almidones de tubérculos. La capacidad de absorción de agua depende directamente del tipo de almidón, lo que es mayor en



almidones de tubérculos que con almidones de cereales, pero también depende de factores como el contenido de amilopectina, el tamaño y la forma de los gránulos. La solubilidad del almidón de yuca es alta, similar al del almidón de papa mientras que en los almidones de cereales se reduce debido a la presencia de lípidos.

### **3.6. ALMIDONES MODIFICADOS.**

Los almidones nativos, incluyendo el almidón de yuca, presentan ciertas limitaciones para uso industrial. Por lo tanto, son modificados para mejorar sus propiedades funcionales y tener un amplio rango de aplicaciones industriales. Los productos resultantes o almidones modificados son, consecuentemente, productos de mayor valor agregado.

Los gránulos de almidón son tratados química, física y bioquímicamente para causar la ruptura de algunas o todas las moléculas. La modificación del almidón permite realzar o inhibir propiedades como consistencia, poder aglutinante, estabilidad a cambios en el pH y temperatura y mejorar su gelificación, dispersión o fluidez. Las principales modificaciones son la degradación, la pregelatinización y la derivatización, los cuales se resumen a continuación, junto con los almidones modificados y sus aplicaciones **Aristizábal y Sánchez (2007)**.

#### **3.6.1. Degradación**

Son procesos que involucran depolimerización parcial o arreglos de moléculas. Estos incluyen procesos hidrolíticos, oxidativos y térmicos, los cuales producen tres clases de almidones modificados: de conversión ácida, oxidados y dextrinas. El principal propósito de la conversión es reducir la viscosidad de los productos para que con altas concentraciones la solución tenga buenas propiedades de flujo.

#### **3.6.2. Hidrólisis de almidón**

Las posibilidades van desde la hidrólisis parcial hasta la total con presencia o no de catalizadores. **(ANEXO N°6)**

**3.6.2.1. Hidrólisis parcial.** Se obtienen almidones de baja solubilidad en agua fría y alta solubilidad en agua caliente, dando geles de baja

viscosidad utilizados en la industria alimenticia como espesantes, o para dotar a los alimentos de una película protectora.

**3.6.2.2. Hidrólisis parcial con ácidos.** Se efectúa preferentemente sobre la amilopectina y permite obtener productos que se disuelven y gelifican mejor dando una menor viscosidad. Se emplean como estabilizantes y en la preparación de jaleas.

**3.6.2.3. Hidrólisis total, ácida o enzimática.** Se produce glucosa o dextrosa. Cuando la reacción se completa, la suspensión se neutraliza, filtra y concentra para cristalizar la dextrosa. Los jarabes de glucosa obtenidos son muy empleados en la industria de bebidas (**Aristizábal y Sánchez 2007**).

### **3.6.3. Dextrinización**

Las dextrinas son productos de degradación parcial del almidón obtenidas por calentamiento, con o sin catalizadores, en un mecanismo de conversión que involucra procesos de ruptura hidrolítica, reorganización de moléculas y repolimerización. El calor rompe parte de las uniones 1-4 del almidón e incrementa las uniones 1-6, con lo que se disminuye la longitud de las cadenas moleculares, al tiempo que se incrementa la ramificación. Esto determina una buena solubilidad en agua fría, menor tendencia a la retrogradación y mayor resistencia a las enzimas. Dada la forma corriente de obtención se denominan también pirodextrinas. La manufactura de dextrinas puede ser realizada por dos métodos:

#### **3.6.3.1. Método seco**

El almidón es calentado solo o en presencia de pequeñas cantidades de un catalizador. Hay tres clases de pirodextrinas industriales y cada una tiene características propias de color, poder viscosante y solubilidad en agua fría, a saber:

**3.6.3.1.1. Dextrinas blancas.** Se preparan calentando almidón con una cantidad relativamente grande de catalizador ácido, a pH bajo, baja temperatura entre 80-120 °C y tiempos de tostación relativamente cortos de 3-8 horas. Son de color blanco similar al

almidón, su solubilidad en agua es limitada y tiende a retrogradar en grados variables.

**3.6.3.1.2. Dextrinas amarillas o canarias.** Se obtienen por tratamiento del almidón con trazas de ácido, a pH bajo y alta temperatura entre 150-220 °C, por largo tiempo de tostación de 6-18 horas. Presentan un distintivo color amarillo y tienen alta solubilidad en agua.

**Gomas británicas.** Se forman cuando el almidón solo se calienta a temperatura de 180-220 °C, a alto pH y por un tiempo largo de proceso de 10-20 horas. Son de color marrón oscuro, tienen gran variación en solubilidad y poder viscosante. Tienen aroma de caramelo.

Las dextrinas tienen una amplia gama de aplicaciones a nivel industrial. Una de las más difundidas es como adhesivo para la elaboración de tubos en espiral, formado de sacos multipliego y bolsas de papel, cierre de cajas de cartón y pegado de etiquetas sobre vidrio; debido a sus características tales como viscosidad estable, alto porcentaje de sólidos y excelentes propiedades de rehumedecimiento. Además son usadas como aglutinantes, diluyentes para colorantes y aromas **Aristizábal y Sánchez (2007)**.

### **3.6.3.2. Método húmedo**

El almidón se dispersa en agua y es calentado en presencia de un catalizador o tratado con enzimas. Cuando se usa un catalizador ácido las dextrinas son producidas por simple calentamiento de suspensiones acuosas de almidón con ácido. Son usadas para textiles o adhesivos; sin embargo, poseen cierta cantidad de dextrosa y su presencia en cantidades excesivas causa rompimiento de la película adhesiva con la consecuente disminución de su fuerza.

La conversión con enzimas se lleva a cabo por tratamiento de una pasta de almidón, con enzimas hidrolíticas. Según el tipo de enzima pueden ser:

**3.6.3.2.1. Maltodextrinas.** Se obtienen por tratamiento del almidón con  $\alpha$ -amilasa. El jarabe resultante es filtrado y refinado con carbón activado antes del secado por aspersion. Su equivalente de dextrosa (DE) varía entre 3-20. Se utilizan en alimentos como encapsulantes de sabor, aromas y color, espesantes y estabilizantes de emulsiones y espumas y en formulaciones de alimentos infantiles y dietéticos.

**3.6.3.2.2. Ciclodextrinas.** También llamadas dextrinas de Schardinger. Se producen por tratamiento del almidón con la amilasa de *Bacillus macerans*; esta enzima tiene la propiedad de transformar las cadenas lineales del almidón en moléculas cíclicas. Su acción es compleja y parece catalizar al menos tres reacciones que implican los fenómenos de ciclización, de acoplamiento y de hidrólisis. Entre sus principales aplicaciones se pueden citar la estabilización de sustancias volátiles, emulsiones y compuestos aromáticos, la formación de complejos de inclusión mejorando la estabilidad de la molécula en diferentes ambientes y aumentando su solubilidad. Su principal potencial se encuentra en el sector farmacéutico por su aumento en la solubilidad y la absorción de los complejos formados lo cual reduce la cantidad de medicamento y logra un mejor efecto terapéutico en el organismo. Otros de sus usos son la eliminación del colesterol de la materia grasa de la leche, como transportador de aromas y sabores, actúan como agentes encapsulantes, para el tratamiento de aguas residuales y pueden aumentar la germinación de semillas de cereales. Tienen como potencial como biocatalizadores de reacciones ácido- básicas con funcionalidades similares a la algunas enzimas, **Aristizábal y Sánchez (2007)**.

#### **3.6.4. Oxidación.**

Por reacción del almidón con hipoclorito en medio alcalino, se producen simultáneamente reacciones de oxidación e hidrólisis que rompen los enlaces glucosídicos del almidón. Se utilizan en la preparación de salsas y mayonesas y tienen una pequeña participación en el mercado del encolado.

No retrogradan ni gelifican. Este tipo de almidones se utilizan como repelentes de agua para los productos comestibles que exhiben higroscopicidad, para la preparación de gelatinas y para productos enlatados. Los almidones oxidados junto con el isoxalato de sodio produce un producto químico adecuado para el tratamiento del cuero y, junto con bórax, son usados en lodos de perforación **Aristizábal y Sánchez (2007)**.

#### **3.6.5. Pregelatinización**

Los almidones pregelatinizados son útiles cuando se requiere que el producto pueda ser reconstituido en agua fría. La estructura del gránulo de almidón se rompe por cocción del almidón nativo y posterior secado en tambores rotatorios o por extrusión semiseca lo que permite su empleo en alimentos de preparación rápida, flanes, rellenos y salsas. En adhesivos se utiliza para laminar papel aluminio a papel o cartón, pero su secado es lento dado su bajo contenido de sólidos **Aristizábal y Sánchez (2007)**.

#### **3.6.6. Derivatización**

Las modificaciones químicas no degradativas involucran la introducción de pequeñas cantidades de grupos sustituyentes dentro del almidón por enlaces éster y éter; esto genera el debilitamiento de los gránulos de almidón, estabiliza las dispersiones y previene el alineamiento y retrogradación de las moléculas. La cantidad de grupos sustituyentes se determina generalmente por análisis y se registra como número de grupos por unidad de glucosa anhidra o como grado de sustitución (DS) **Aristizábal y Sánchez (2007)**.

#### **3.6.7. Esterificación**

Los almidones pueden ser esterificados usando diferentes tipos de ácidos inorgánicos y orgánicos. Nitro-almidones, utilizados como explosivos se obtienen con el ácido nítrico (HNO<sub>3</sub>). Con ácidos fosfóricos y fosfatos alcalinos y con los ácidos acético, succínico, adípico, cítrico o con derivados como el acetato de vinilo se obtiene un variado número de ésteres de almidón. Estos tienen una más baja temperatura de gelatinización y

aumentan la velocidad de hinchamiento y la viscosidad de la pasta. Estos almidones tienen buena capacidad espesante y son muy estables en frío, con buenas propiedades de retención de agua a baja temperatura que los hace útiles en el campo de productos ultracongelados o congelados.

Los almidones modificados tienen una alta gama de aplicaciones a nivel industrial, las cuales se derivan de las propiedades físicoquímicas de los gránulos de almidón tras su transformación por diferentes tratamientos. Los principales almidones modificados y sus aplicaciones se resumen a continuación **Aristizábal y Sánchez (2007)**.

#### **3.6.8. Eterificación**

Una de las reacciones de eterificación más conocidas es la que se realiza con los óxidos de etileno o de propileno de la que se obtiene «almidón hidroxietílico» o «almidón hidroxipropílico». Los productos eterificados gelifican establemente en forma sólida (rígida). Se usan como estabilizantes y espesantes en la industria textil, de papel y cartón y en la alimentación para preparar conservas y congelados. En la industria del papel se utilizan como adhesivos corrugantes aprovechando su alta capacidad de retención de agua **Aristizábal y Sánchez (2007)**.

#### **3.6.9. Entrecruzamiento**

Los almidones entrecruzados se obtienen por reacción con moléculas bifuncionales como la epíclorhidrina, el oxícloruro de fósforo o anhídridos mixtos de ácidos orgánicos. Por esta ruta pueden obtenerse productos con cadenas entrecruzadas, más estables y de gran resistencia, con escasa tendencia al hinchamiento. Son de especial interés para alimentos congelados, sobre todo si el tratamiento se combina con esterificación. Además son usados en la industria de alimentos, particularmente en panificación para dar estructura y disminuir la actividad de agua de la masa con lo cual aumenta la vida útil del producto final y se produce un mayor rendimiento en el batido **Aristizábal y Sánchez (2007)**.

### **3.6.10. Almidones catiónicos**

Se obtienen por reacción con cloruro de 2-diaminoetilo, que permite introducir grupos amino terciarios en la molécula de almidón. Son susceptibles de cargarse positivamente al dispersar el producto en agua. Se utilizan en la fabricación de papel, incorporándolos durante la desfibración de la celulosa, ya que al ser absorbidos favorecen el proceso y dan mayor resistencia al papel. Son productos más viscosos que el almidón, transmiten mejor la luz y sus dispersiones tienen menor tendencia a la retrogradación **Aristizábal y Sánchez (2007)**.

## **3.7. USOS DEL ALMIDÓN EN PRODUCTOS ALIMENTARIOS Y NO ALIMENTARIOS**

El almidón y los productos de almidón son usados en variedad de formas tanto en la industria de alimentos como en la no alimentaria. En la alimentación, se usa como ingrediente de diferentes preparados y en la industria no alimentaria como materia prima básica o producto auxiliar para la elaboración de una amplia gama de productos. El consumo de almidón se destina aproximadamente 75 por ciento al sector industrial y el 25 por ciento al sector de alimentos. La industria de fabricación de papel y cartón usan cerca del 80 por ciento del almidón suministrado al sector industrial, seguido de textiles, adhesivos y otras industrias **Aristizábal y Sánchez (2007)**.

### **3.7.1. Uso en productos alimentarios**

En la industria de alimentos el almidón, tanto nativo como modificado, tiene un papel importante en la textura de varios preparados al aportar palatabilidad y aceptabilidad.

- ✓ Como medio de moldeo, para caramelos de frutas, rodajas de naranja y gomas de mascar.
- ✓ Como dador de cuerpo, imparte textura y estabilidad a caramelos y marmadelos.
- ✓ Como agente para espolvorear, combinado con azúcar pulverizada en gomas, caramelos y gomas de mascar.

- ✓ Como protector contra la humedad, de diversos productos en polvo -como azúcares- pues los almidones absorben humedad sin apelmazarse.
- ✓ Como espesante, da cuerpo y textura al alimento preparado; para sopas, alimentos para infantes, salsas, gelatinas sintéticas.
- ✓ Como agente coloidal, imparte textura, sabor y apariencia. La cocción del almidón produce una solución coloidal estable, compatible con otros ingredientes en productos alimenticios.
- ✓ Como aglutinante, para el ligamento de componentes. En la preparación de salchichas y embutidos cocidos.
- ✓ Como emulsificante, produce una emulsión estable en la preparación de mayonesas y salsas similares.
- ✓ Como estabilizador, por su elevada capacidad de retención de agua es usado en productos mantecados-helados.
- ✓ En la mezcla con harinas para bajar el contenido de proteínas y la fuerza del gluten en panaderías. En la fabricación de galletas para aumentar su propiedad de extenderse y crujir, además de ablandar la textura, aumentar el sabor y evitar que se pegue.
- ✓ En la preparación de bocadillos extruídos y expandidos **Aristizábal y Sánchez (2007)**.

### **3.7.2. Industria de edulcorantes**

Dado que el almidón es un polímero formado por miles de unidades de glucosa su rotura produce glucosa como producto final. Los hidrolizados comerciales de almidón son clasificados de acuerdo al equivalente de dextrosa (DE) de los jarabes. Las maltodextrinas tienen un equivalente de dextrosa menor de 20. Los jarabes que tienen equivalentes de dextrosa entre 30-38 contienen principalmente dextrinas lineales y ramificadas de alto peso molecular. Los jarabes de alta conversión contienen 75-85 por ciento de unidades de glucosa, maltosa y maltotriosa. Pueden obtenerse maltodextrinas, jarabes de glucosa, dextrosa y fructosa cristalina y jarabes de alta fructosa. Cada uno de estos jarabes tiene sus propias características y aplicaciones.



Las maltodextrinas son usadas en gran variedad de alimentos, incluyendo mezclas secas para sopas y frutas saborizadas, bebidas lácteas, helados y mezclas para tortas. Se usan como sustitutos de grasa y encapsulantes de aroma y sabor.

Los jarabes de glucosa son usados principalmente en confitería y también para elaborar salsas enlatadas, jugos de tomate, dulces y encurtidos. Además son usados en la industria de adhesivos y en fundición y son la materia prima para la manufactura de alcohol, bebidas alcohólicas (cerveza, güisqui, vodka), ácido acético, acetona, jarabe de fructosa, glutamato monosódico; de ácidos carboxílicos tales como ácido cítrico, láctico, butírico, succínico, glutámico, glucónico y propiónico, entre otros, y de carbohidratos hidrogenados como sorbitol y manitol, el primero de ellos usado en la producción de vitamina C y como base de alimentos para diabéticos y el segundo usado como endulzante con bajo contenido de calorías.

La dextrosa es usada en la industria de alimentos panificados y sirve como azúcar fermentable y también contribuye a realzar el sabor y aroma y a dar el color de la corteza. En confitería, la dextrosa evita la cristalización de la sacarosa y disminuye la higroscopicidad del producto terminado. En la industria láctea, es usada en postres congelados para controlar la excesiva dulzura y mejorar el sabor. En la industria farmacéutica, es usada en la producción de tabletas y en la formulación de líquidos intravenosos.

Los jarabes de alta fructosa, han desplazado en su mayoría a los jarabes de glucosa en la industria de bebidas no alcohólicas y son usados en la fabricación de bebidas carbonatadas y no carbonatadas. Su función es producir dulzura a bajos niveles y también balancear los sabores y ácidos para dar un producto aceptable. Son también usados en la elaboración de frutas en conserva, mermeladas y gelatinas y en la industria de panificación.

Los jarabes sólidos obtenidos por evaporación de los jarabes de hidrolizados de almidón son ampliamente usados en alimentos dietéticos debido a sus bajo valor calórico **Aristizábal y Sánchez (2007)**.

### 3.7.3. Uso en productos no alimentarios

En las industrias no alimentarias el almidón nativo y modificado son usados principalmente como:

- ✓ Adhesivo, para diferentes aplicaciones en la industria de papel y cartón.
- ✓ Apresto, en la industria textil como encolante de la urdimbre previo al proceso de tejido.
- ✓ Agente inerte, como excipiente, vehículo y elemento adhesivo de tabletas y productos medicinales.
- ✓ Espolvorante, como polvo fino en la preparación de cosméticos, germicidas, insecticidas y productos medicinales.
- ✓ Absorbente, en la preparación de jabones y detergentes para aumentar su efectividad y poder de limpieza.
- ✓ Aditivo de sedimentación, para recuperar sólidos en procesos de flotación y clarificación en la refinación de metales.
- ✓ Aglutinante, para formar moldes de arena en la industria de fundición y como ligante para formar aglomerados de polvos finos como las briquetas de carbón y en la elaboración de explosivos.
- ✓ Dispersante, para mejorar la dispersión y la estabilidad a alta temperatura de los fluidos utilizados en los taladros para la perforación pozos de petróleo o de agua; mejoran la viscosidad del lodo y la capacidad de retención de agua.
- ✓ Movilizante, como vehículo móvil en tintas de impresión.
- ✓ Diluyente, en la industria de colorantes para estandarizar las tinturas con respecto a los rangos de colores.
- ✓ Conservante, en la industria de artes gráficas en forma de adhesivo, el cual se aplica a las planchas de impresión litográfica para conservar la parte que no lleva imagen y protegerla de bacterias, corrosión o rayado **Balagopalan et al. (2018)**.

### 3.7.4. Industria de papel y cartón

La industria de papel y cartón consume almidones con diversos tipos de modificación; el tipo varía en cada empresa de acuerdo a diversos factores

entre los cuales se destacan: el tipo de aplicación, el tipo de papel producido, las condiciones de operación y tipo de maquinaria y los costos, entre otras. Esta industria exige tres características básicas en el almidón: blancura, bajo contenido de fibra y pocas impurezas. El almidón se usa en esta industria en varias formas:

- ✓ Como pegamento en masa o interno, su función es servir como aglomerante de los componentes que forman el papel, fibra celulósica y rellenos, formando una capa superficial que reduce la pelusa y aumenta la resistencia mecánica del papel a la aspereza y plegado, aumenta la solidez y la durabilidad del papel.
- ✓ En la prensa de encolado, el almidón -generalmente oxidado o modificado- se suele añadir a uno o ambos lados de la hoja de papel o cartón que se ha formado y secado parcialmente para dar una textura lisa, mejorar su apariencia, evitar el desprendimiento superficial de fibras, impedir que la tinta se desprenda en escritura o impresión, mejorar la resistencia a la humedad, dar opacidad al papel en el caso de los papeles blancos y prepararlo para un posterior recubrimiento como esmaltados u otros acabados.
- ✓ En la operación de revestimiento, cuando se necesita un revestimiento de pigmento para el papel, el almidón actúa como agente de revestimiento y como adhesivo.

En las empresas productoras de cartón corrugado se usa generalmente almidón nativo que en el transcurso de la operación es modificado con soda (almidón carrier) y mezclado posteriormente con almidón nativo. Este almidón sirve para la formación del cartón ya que permite unir las láminas planas de cartón a la lámina corrugada u ondulada **Balagopalan et al. (2018)**.

### **3.7.5. Industria textil**

En la industria textil los almidones se usan en las operaciones como encolado de la urdimbre, aprestado y estampado de tejidos. El colante o apresto se elabora con almidones esterificados y un lubricante. Se usa

generalmente para fibras de algodón; mientras que para poliéster y acrílicos se requieren aprestos sintéticos.

El tejido puede engomarse de manera temporal o permanente:

- ✓ El engomado temporal, se aplica a la urdimbre inmediatamente antes de que esta se convierta en tejido, para que las hebras o hilazas sean más resistentes, flexibles, suaves y lisas. El agente encolante se deposita como una película sobre las hilazas de la urdimbre y las recubre totalmente. Evita así el deshilachado, el enredo, el moteado y la rotura de las hebras que perturban seriamente la elaboración del tejido.
- ✓ El engomado permanente, se emplea en el proceso de acabado del tejido y es relativamente estable; es decir, se mantiene hasta que la tela llega, por lo menos, a manos del consumidor. Este engomado mejora la textura de la tela, aumenta su brillo superficial, le da cuerpo y solidez para facilitar su manipulación, eleva su peso y la calidad del estampado y aumenta, en general, la apariencia y la sensación textil de buena calidad de la tela.

El almidón también es usado para el estampado de tejidos o para producir diseños en varios colores sobre la superficie lisa de un tejido acabado. Además se usa en lavandería para almidonar tejidos blancos y darles dureza y para restaurar apariencia y cuerpo a las prendas de vestir **Balagopalan et al. (2018)**.

### **3.7.6. Industria de adhesivos**

El almidón y algunos almidones modificados se usan para la elaboración de adhesivos para diversas aplicaciones en la industria de papel y cartón, ya sea para adhesivos de alta fuerza adhesiva o para colas de menor precio. Estos se emplean para el laminado de ciertos papeles, cerrado de cajas de cartón, fabricación de materiales de embalaje, papel de envoltura y cinta rehumedecibles, para el pegado de etiquetas sobre vidrio y enlatados, formación de sacos multipliegos de papel y bolsas de papel, elaboración de sobres. También son usados en la encuadernación de

libros, sellado de cajas de cartón, pegado de papel de cigarrillos, fabricación de fósforos y cajas de fósforos.

Los adhesivos de almidón, que son adhesivos a base agua, son muy útiles para las empacadoras y etiquetadoras de alta velocidad por el costo relativamente bajo y la gran velocidad de adhesión **Balagopalan et al. (2018)**.

### **3.7.7. Industria farmacéutica y cosmética**

El almidón y algunos almidones modificados son ampliamente usados en la fabricación de píldoras o tabletas, en las cuales cumplen dos funciones: como agente de dispersión de polvo y como ligante del ingrediente activo de la tableta. Cuando esta es ingerida, el almidón absorbe rápidamente la humedad y se hincha causando un estrés interno al interior de la tableta el cual se desintegra y libera el ingrediente activo.

En la industria cosmética, se emplea en la fabricación de polvos faciales finos, polvos compactos y polvos nutritivos. También actúa como absorbente, mejorador de viscosidad y como vehículo para sustancias pastosas, líquidas o semisólidas en la elaboración de cremas y lociones de uso dermatológico **Balagopalan et al. (2018)**.

### **3.7.8. Otras aplicaciones**

El almidón puede ser utilizado también para la elaboración de los siguientes productos:

- ✓ Surfactantes orgánicos, tales como las alquilpoliglucosidasas las cuales se acogen a las nuevas tendencias de producción limpia en el uso de detergentes naturales y biodegradables en reemplazo de los surfactantes clásicos no iónicos. Se usan a la vez como activadores de blanqueo y en la producción de champús secos.
- ✓ Productos de fermentación, tales como eritritol, ácido glucónico e itacónico; aminoácidos como la lisina; enzimas tales como carbohidrasas y proteasas; antibióticos como tetraciclina y penicilina y vitamina como la B-12.

- ✓ Los complejos de amilosa con ácidos grasos libres, monoglicéridos o lisofosfolípidos tienen un uso potencial en productos de panificación ya que limitan la velocidad de fortalecimiento de la miga del pan. Algunos estudios han demostrado que estos complejos evitan la cristalización de la amilopectina, hecho que origina el endurecimiento del pan.
- ✓ Copolímeros de almidón por injerto; estos productos son obtenidos de mezclas de almidón como poliéster o acrilatos los cuales son usados como espesantes en sistemas acuosos, floculantes y clarificación de aguas residuales.
- ✓ Matrices de almidón, para encapsular materiales contaminantes que les permita tener mayor vida y una manipulación segura.
- ✓ Almidones hidrocoloides con los que es posible concentrar una solución de goma hidrosoluble más de lo que es posible hacerlo por dispersión directa en el agua. Es posible preparar mezclas de estos almidones con propiedades reológicas muy diversas.
- ✓ Aspersores usados en horticultura; generalmente se usan dextrinas para ayudar a disolver el material y adherirlo al área tratada, aun después que la solución se ha evaporado.
- ✓ Almidones resistentes, es decir indigeribles por las glucosidasas humanas, los cuales favorecen el crecimiento de microorganismos benéficos para el colon, disminuyendo los riesgos de cáncer.
- ✓ Almidones como agente de barrera, utilizados para evitar la pérdida de líquidos o la absorción de grasa. La tecnología de barrera mejora sustancialmente los indicadores de aceptación de los productos tales como frituras y tecnologías de cocción de carnes **Balagopalan et al. (2018)**.

### 3.8. Características generales de las Hojas de yuca

Las hojas de la yuca se utilizan generalmente como hortaliza verde. Su valor nutritivo es similar al de otras hojas verde oscuro. Son muy valiosas como fuente de carotenos (Pro- vitamina A), vitamina C, hierro y calcio.

**Tabla N° 4: Ácido Ascórbico y Carotenos en Raíces y Hojas de Yuca.**

VALOR	Ácido ascórbico (mg/100 g PF <sup>a</sup> )		Carotenos (mg/100 g PF <sup>a</sup> )	
	En Hojas	En raíces	En Hojas	En raíces
Mínimo	0	0	23.28	0.10
Máximo	419.25	37.52	86.22	1.04
Mediano	109.30	8.09	47.72	0.19
Promedio	120.16	9.48	48.26	0.23
D.E.	84.14	6.50	8.61	0.137

**Fuente: Alarcón y Dufour (1998)**

El follaje tierno de la yuca tiene, además, buena disponibilidad de vitaminas y minerales, en el cuadro 3 se muestran los contenidos de ácido ascórbico y carotenos en raíces y hojas de yuca. Las hojas de yuca son caducas, es decir, se avejentan, mueren y se desprenden de la planta a medida que esta se desarrolla **Ospina y Ceballos (2002)**.

**Gil Llanos y Buitrago (2002)** Explican que las xantofilas pigmentantes se encuentran en mayor cantidad en las hojas de yuca (605 mg/kg de xantofilas totales y 508 mg/kg de xantofilas pigmentantes) que en la raíz. Estos principios son más efectivos que los de algunas materias primas usadas tradicionalmente en la elaboración de alimentos balanceados, como el maíz (25 mg/kg de xantofilas) .

### 3.9. Digestibilidad aparente de una harina proveniente de hojas de yuca (Manihot esculenta Crantz).

Se estudió y evaluó la digestibilidad aparente de la proteína, materia seca y energía de la harina de hojas de yuca *Manihot esculenta Crantz*, para consumo humano obtenida de la variedad MCol 1505 de tres meses de edad. Una dieta control (caseína 12 %) y dietas con sustitución de harina de hoja de yuca en 10 % y 20 % fueron suministradas a ratas de Wistar durante un periodo de 15 días

con siete días de acostumbramiento y ocho días de recolección de muestras. Se encontró que el uso de harina de hoja de yuca para alimentación es recomendable en niveles de inclusión máximo del 10 % y que la puntuación de aminoácidos corregida por digestibilidad proteínica es 0.43 para metionina **Giraldo, Velasco y Villada (2008)**.

### 3.9.1. Digestibilidad en ratas

Se elaboraron tres dietas: una dieta control sólo con caseína (como fuente proteica), una dieta con inclusión de 10 % de harina de hojas de yuca (HHY) y otra dieta con inclusión de 20 % de harina de hojas de yuca (HHY). En ambas dietas se utilizó la variedad MCOL 1505 de tres meses de edad. A las tres dietas de los tratamientos se les determinó el contenido de materia seca (MS) a 105 °C durante 24 horas, igualmente se les determinó proteína cruda, fibra detergente neutra (FDN) y Energía Bruta como se observa en la Tabla N°5.

**Tabla N° 5: Composición de las dietas.**

<b>Materia prima</b>	<b>Control (%)</b>	<b>Dieta 10 % inclusión</b>	<b>Dieta 20 % inclusión</b>
Caseína	10,80	9,72 %	8,64 %
Aceite	6,00	5,40 %	4,80 %
Carbohidratos	10,00	9,00 %	8,00 %
Fibra (cascarilla de arroz)	8,00	7,20 %	6,40 %
Vitaminas y minerales	6,00	5,40 %	4,80 %
Almidón	59,20	53,28 %	47,36 %
Harina de hojas de yuca	0,00	10,0 %	20,00 %

**Fuente: Giraldo, Velasco y Villada (2008)**

Los datos que aparecen en la tabla corresponden a las cantidades en % para obtener la formulación de la dieta. La digestibilidad aparente de la harina de hojas de yuca se determinó en ratas raza wistar que se distribuyeron en jaulas metabólicas, equipos que tienen la particularidad de brindar libertad de movimiento al animal; el piso es una malla de metal a través de la cual pasan las heces y la orina, y las heces son recolectadas



en un dispositivo que se encuentra debajo de la jaula. El comedero se encuentra ubicado y construido de tal manera que no se desperdicie alimento, al igual que el agua **Giraldo, Velasco y Villada (2008)**.

Para la realización de las pruebas se utilizó un período experimental de 15 días, con 7 días de acostumbramiento a las dietas y 8 días de toma de muestras. El período de acostumbramiento se realizó para que los animales limpiaran su tracto digestivo y se acostumbraran a la dieta; en estos días el animal recibió el alimento pero no se tuvo en cuenta pesos de sobrantes ni tampoco las excretas. A partir del octavo día se empezaron a tomar las excretas de cada rata.

Las heces fueron liofilizadas, luego se llevaron a la estufa a una temperatura de 60 °C para terminar el secado y posteriormente se molieron para los diferentes análisis. La proteína cruda fue medida por Kjeldahl (N x 6.25), la cantidad de energía presente en las heces se realizó con la ayuda de una bomba calorimétrica. La digestibilidad se calculó restándole a lo ingerido lo excretado, dividiéndolo por lo ingerido y multiplicando por 100. En la Tabla N°6 se muestra la composición química de los tratamientos evaluados, en porcentaje y la energía bruta, en kcal / kg de materia seca **Giraldo, Velasco y Villada (2008)**.

**Tabla N° 6: Composición química de los tratamientos evaluados.**

Composición química dieta (%)	Control (%)	Control + 10 % HHY	Control + 20 % HHY
Materia Seca (MS)	90.25	90.60%	90.54%
Proteína Cruda	11	12%	14%
FDN	7	8%	14%
Energía Bruta (kcal / kg MS)	3600	3850	3774

**Fuente: Giraldo, Velasco y Villada (2008)**

La digestibilidad, cuando los niveles de inclusión son del 10 %, conserva en los tres casos valores intermedios que permiten pensar que este nivel de inclusión es adecuado para su incorporación en la elaboración de un producto alimenticio. De aquí que niveles menores de inclusión en las dietas pueden ofrecer mejores resultados, ya que la digestibilidad será mayor.

Para calcular con el dato de la digestibilidad el puntaje químico corregido por digestibilidad (PDCAAS, según sus siglas en ingles) de la proteína contenida en la HHY, se partió del patrón de aminoácidos para niños mayores a un año y adultos, propuesto por **Food and Nutrition Board (2005)** y el perfil de aminoácidos aportados por la HHY tomado de **Balagopalan et al. (1988)**. Se observa que el aminoácido limitante es la metionina, que es un aminoácido muy importante en niños en crecimiento.

***El cálculo sería el siguiente:***

Digestibilidad de proteína de harina de hojas de yuca = 76.79 % (Tabla N°7).  
Puntuación de aminoácidos no corregida (metionina, Tabla N°8) es: 14 / 25 = 0.56.

Puntuación de aminoácidos de la proteína corregida según su digestibilidad (PDCAAS). =  $0,7679 \times 0.56 = 0.430$ .

El modelo de estudio del PDCAAS hace una calificación de 0 a 1 y para la HHY la puntuación dio 0.43 lo cual hace pensar que los aminoácidos de las hojas de yuca están pero no en las proporciones correctas.

**Tabla N° 7: Digestibilidad aparente de las dietas y análisis estadísticos.**

Dietas	Digestibilidad aparente (%)		
	Materia seca	Nitrógeno	Energía
Control	87.96a	86.49a	90.63a
Control+ 10 % harinas de hojas de yuca	84.14b	76.79b	85.38b
Control+ 20 % harinas de hojas de yuca	76.46c	66.61c	76.83c
Efecto de la dieta			
Control	A	a	a
10 %	B	b	b
20 %	C	c	c
P	0.0001	0.0001	0.0001

**Fuente: Giraldo, Velasco y Villada (2008)**

**Tabla N° 8: Patrones de aminoácidos esenciales.**

	Patrón de aminoácidos para niños > a 1 año y adultos.	Patrón de aminoácidos aportados por harina de hojas de yuca.
	mg / g proteína	mg / g proteína
Histidina	18	25
Isoleucina	25	41
Leucina	55	100
Lisina	51	71
Metionina+Cisterna	25	14
Fenilalanina+Tirosina	47	38
Treonina	27	47
Triptófano	7	11
Valina	32	62

**Fuente: Giraldo, Velasco y Villada (2008)**

#### IV. CONCLUSIONES

- 1) El almidón de *Manihot esculenta* (Yuca) presenta una rica fuente de carbohidratos dando un alto valor energético pero es escaso en grasa y proteínas sin embargo su contenido de amilosa-amilopectina así como su contenido de fibra y la viscosidad tiene la propiedad funcional en el proceso de digestibilidad del almidón, por lo cual su uso y aplicación en los alimentos podría diversificar la oferta de productos alimenticios y así ofrecer alimentos bajos en índice glicémico. También por su contenido energético se puede agregar a ciertos alimentos, sin suministrar grasa extra.
- 2) También se encontró estudios en el uso del almidón en otras industrias que no es la alimentaria como en el uso de papel cartón , textil, farmacéutica cosméticos, adhesivos entre otras aplicaciones, abriendo campo para otras investigaciones en otras cualidades que posea este almidón.
- 3) Se encontró que el uso de la *Manihot esculenta* (Yuca) es muy variado y amplio, que con más estudio se podría utilizar todas sus partes tanto como la raíz y las hojas para así ser beneficioso a la población que cosecha esta raíz y utiliza en sus preparados y en otros campos.

## V. RECOMENDACIONES

- 1) Vivimos en una sociedad globalizada donde mucho de nuestros preparados tradicionales con la materia prima están siendo dejados de lado y han dado paso a la innovación de alimentos industrializados, este es el caso de la raíz *Manihot esculenta* (Yuca) que se ha expandido su estudio hacia otras partes de esta raíz como sus hojas ya sea en almidón o harina en la industria alimentaria.
- 2) Se recomienda llevar una dieta equilibrada de la *Manihot esculenta* (yuca) en menores de edad, ya que su consumo excesivo en niños puede conllevar al Kwashiorkor.
- 3) Si se innova productos alimentarios referentes a las propiedades funcionales de la *Manihot esculenta* (yuca), podría ayudar a crecer económicamente a la población de ello la importancia de hacer más investigaciones tanto en la raíz como en las hojas.
- 4) Para eliminar el HCN (ácido cianhídrico) libre se debe cocinar la yuca con agua durante 15 minutos en ya que elimina el 90 por ciento de HCN.

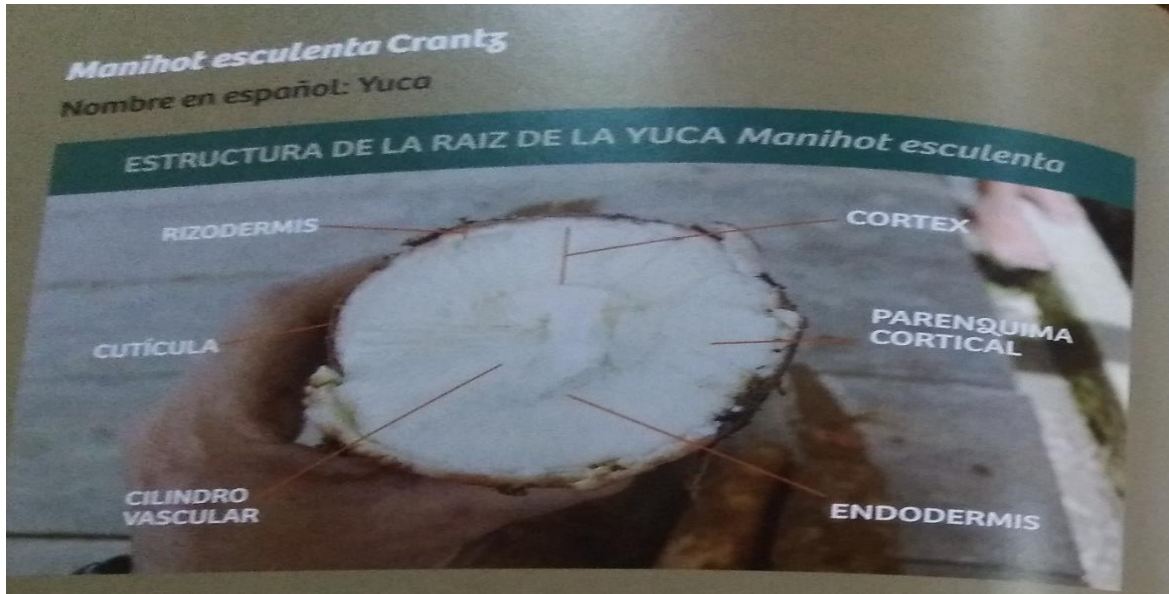
## VI. REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- 1) ALARCÓN, F. y DUFOUR, D., 1998. Almidón agrio de yuca en Colombia: Producción y recomendaciones. *Ciat*, ISSN 1550-9613. DOI CIAT N°. 268.
- 2) ARISTIZÁBAL, J. y SAANCHEZ, T., 2007. Productos alimenticios. *Guía técnica para producción y análisis de almidón de Yuca*. S.l.: s.n.,
- 3) ARISTIZÁBAL, J. y SÁNCHEZ, T., 2007. Guía técnica para producción y análisis de almidón de yuca. *Boletín de Servicios Agrícolas de la FAO*, ISSN 1944-8244. DOI 9253056770-9789253056774.
- 4) BALAGOPALAN, C., PADMAJA, G., NANDA, S.K. y MOORTHY, S.N., 2018. *Cassava in food, feed and industry*. S.l.: s.n. ISBN 9781351078887.
- 5) BLANCO TERESA, ALVARADO CARLOS, O.U., 2003. ALIMENTOS BROMATOLOGÍA. *ALIMENTOS BROMATOLOGÍA*. S.l.: s.n., pp. 136.
- 6) COOKE, R.D. y MADUAGWU, E.N., 1978. The effects of simple processing on the cyanide content of cassava chips. *International Journal of Food Science & Technology*, ISSN 13652621. DOI 10.1111/j.1365-2621.1978.tb00807.x.
- 7) DEFLOOR, I., DEHING, I. y DELCOUR, J.A., 1998. Physico-chemical properties of cassava starch. *Starch/Staerke*, ISSN 00389056. DOI 10.1002/(SICI)1521-379X(199803)50:2/3<58::AID-STAR58>3.0.CO;2-N.
- 8) DUPRAT, F., GALLANT, D., GUILBOT, A., MERCIER, C. y ROBIN, J., 1980. L'amidon. *Les polymères végétaux*. S.l.: s.n., ISBN 2-04-010480-1.
- 9) FAO, 2006. Enfoques: El almidón de yuca. *Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación*.
- 10) GIL LLANOS, J.L. y BUITRAGO, J.A., 2002. *La yuca en la Alimentación Animal*. S.l.: s.n. ISBN 958-694-043-8.
- 11) GIRALDO, A., VELASCO, R.J. y VILLADA, H.S., 2008. Digestibilidad aparente de una harina proveniente de hojas de yuca (*Manihot esculenta* Crantz). *Información Tecnológica*, ISSN 07168756.
- 12) MARTIN, J. y LÓPEZ, E., 2009. Modificación física del almidón de yuca y evaluación de la susceptibilidad a la hidrólisis enzimática por una alfa amilasa. *Revista Colombiana de Química*, vol. 38, pp. 395-408.
- 13) NUÑES C., BRAÑAS M., DEL AGUILA M, Z.R., 2018. *CONOCIMIENTOS TRADICIONALES VINCULADOS A LA YUCA Manihot sculenta EN EL*

- PUEBLO TICUNA*. JULIO. S.l.: s.n.
- 14) OSPINA, B. y CEBALLOS, H., 2002. *La Yuca en el Tercer Milenio: Sistemas Modernos de Producción, Procesamiento, Utilización y Comercialización*. S.l.: s.n. ISBN 9586940438.
- 15) TAGGART, P., 2004. Starch as an ingredient: Manufacture and applications. *Starch in Food: Structure, Function and Applications*. S.l.: s.n., ISBN 9781855737310.
- 16) VILLA, M.S. y ARGUELLO, J.A., 2012. El Cultivo de la Yuca. *InfoAgro*,
- 17) WANISKA, R.D. y GOMEZ, M.H., 1992. Dispersion behavior of starch. *Food technology* , ISSN 0015-6639.
- 18) WURZBURG, O.B., 1986. Modified starches: Properties and uses. *Boca Raton, FL: CRC Press.*, ISSN 0278-6915. DOI [http://dx.doi.org/10.1016/S0015-6264\(82\)80273-3](http://dx.doi.org/10.1016/S0015-6264(82)80273-3).

# ANEXOS

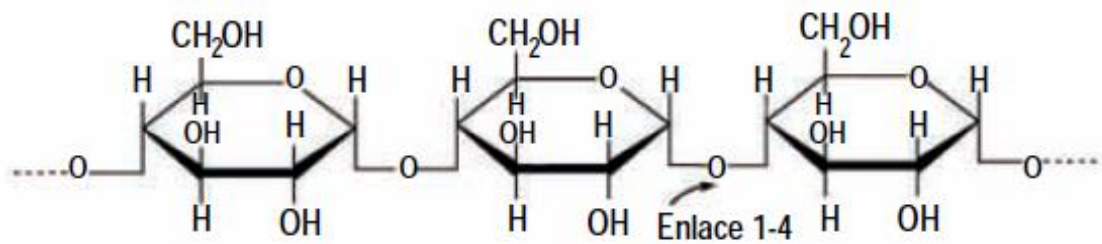
## ANEXO N° 1: Estructura de la Yuca.



Fuente: Nuñez C., Brañas M., Del Aguila M (2018).

## ANEXO N° 2: Esquema de la amilosa.

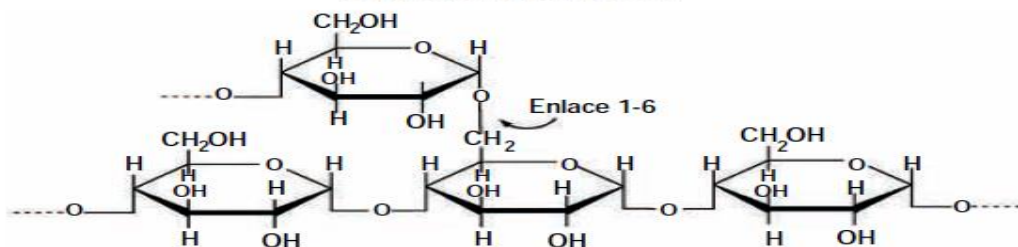
Esquema de la amilosa



Fuente: Aristizábal y Sánchez (2007).

## ANEXO N° 3: Esquema de la amilopectina.

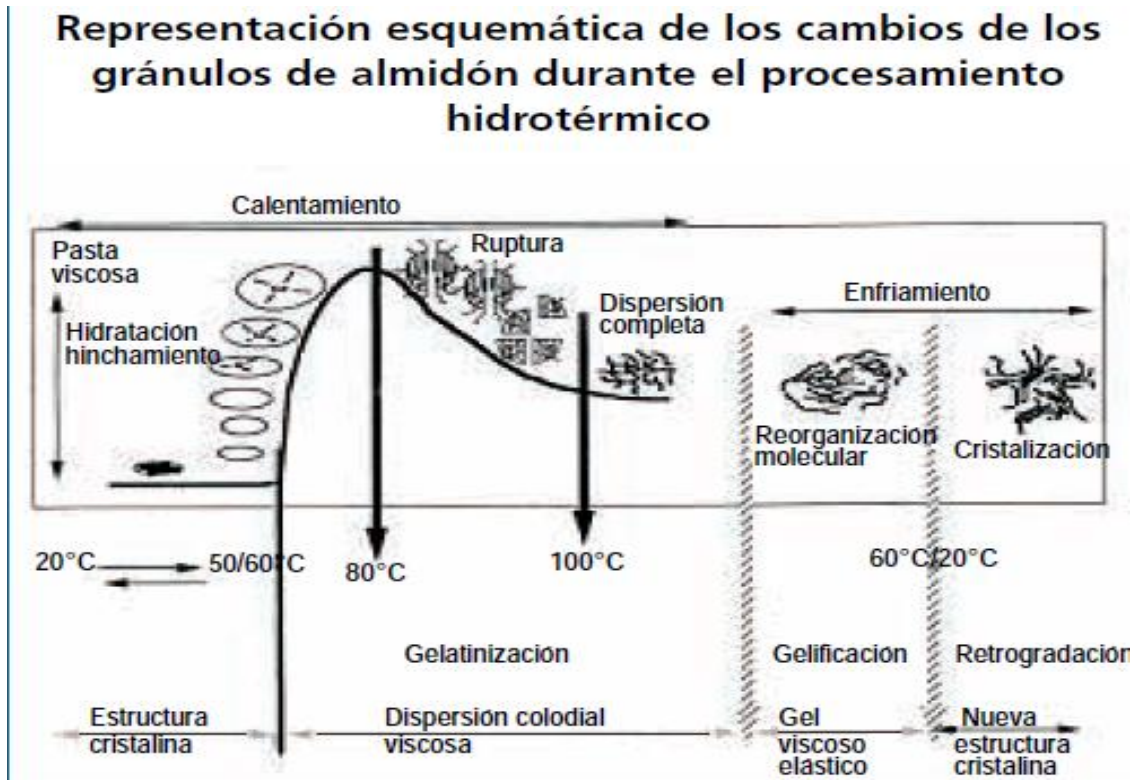
Esquema de la amilopectina



Fuente: Aristizábal y Sánchez (2007).

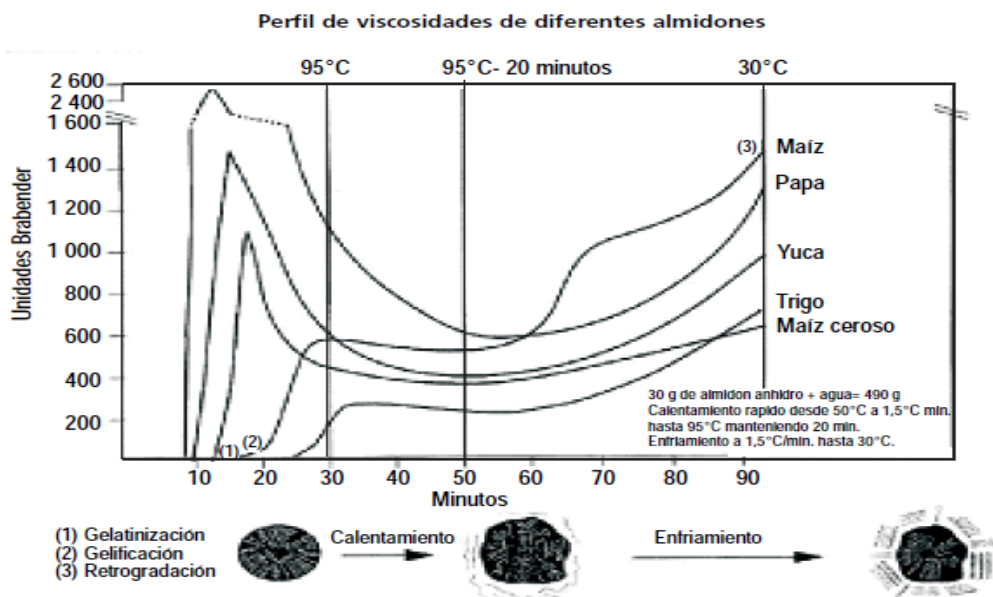


**ANEXO N° 4: Representación esquemática de los cambios de los gránulos de almidón durante el procesamiento hidrotérmico.**



Fuente: Martín y López (2009)

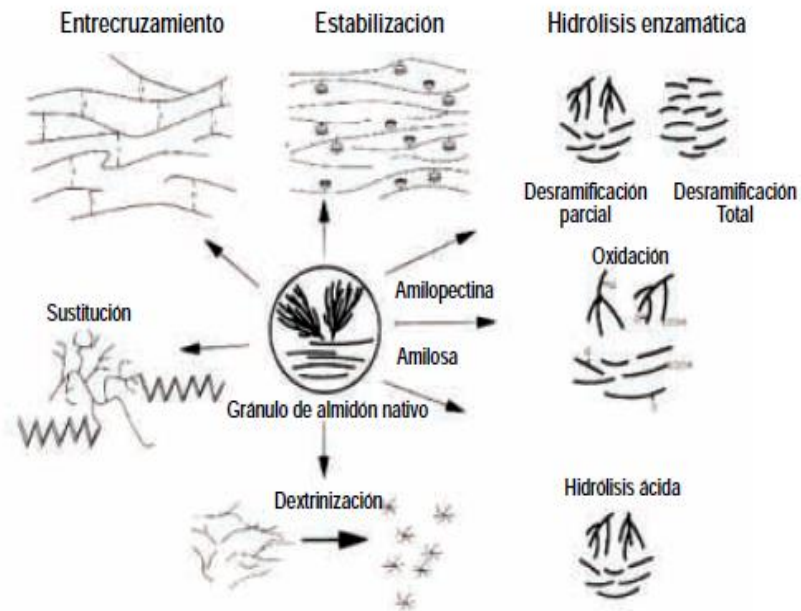
**ANEXO N° 5: Perfil de viscosidades de diferentes almidones.**



Fuente: Taggart (2004)

## ANEXO N° 6: Modificaciones químicas y bioquímicas del almidón.

### Modificaciones química y bioquímica del almidón



Fuente: Taggart (2004)

## GLOSARIO DE TÉRMINOS

1. **Ácido cianhídrico:** Líquido limpio, soluble en agua y alcohol, que es altamente volátil. Su olor es muy característico y se describe similar al de las almendras amargas. Es un elemento químico potencialmente mortal, ya que impide que las células del cuerpo puedan utilizar el oxígeno de manera adecuada. Esta contenido de forma natural en algunas especies vegetales.
2. **Blandona:** plancha de metal rectangular o cilíndrica muy común en las comunidades Ticuna, usada para tostar la fariña.
3. **Cuticula:** capa cerosa externa que protege de la desecación a la raíz, además de proveer una barrera para la entrada de bacterias y Hongos.
4. **Cedazo:** es un utensilio que se emplea para separar (cribar) materiales de diferente grosor, como en el caso de la harina del salvado.
5. **Endodermis:** capa de células de la raíz dispuestas de modo compacto, de aspecto parenquimático y que se encuentra en la parte más interior del córtex, alrededor del tejido vascular.
6. **HCN:** Ácido cianhídrico.
7. **Kwashiorkor:** es una enfermedad de los niños debida a la ausencia de nutrientes, como las proteínas en la dieta. Su nombre deriva de una de las lenguas kwa de la costa de Ghana y significa 'el que se desplaza', refiriéndose a la situación de los niños mayores que han sido amamantados y que abandonan la lactancia una vez que ha nacido un nuevo hermano.
8. **Konzo:** (localmente conocida como mantakassa en el norte de Mozambique) es una enfermedad epidémica que causa parálisis. Se presenta en remotas regiones rurales de países pobres de África, aunque también se ha presentado en la Amazonia en Sud América, pero está ampliamente distribuida en regiones tropicales del mundo. Está asociada a dietas consistentes esencialmente en la ingesta casi exclusiva de yuca no procesada adecuadamente. Es el tercer alimento consumido en los trópicos después del arroz y del maíz y el alimento exclusivo del África tropical. Esta enfermedad se produce en concreto a causa del cianuro presente en la raíz de yuca o mandioca. Puede evitarse con una correcta preparación que consiste en machacar muy bien la raíz y lavarla con abundante agua (esto

es difícil en zonas donde el agua escasea.) También ayuda el que no se elimine la piel de la raíz, ya que la raíz contiene abundantes proteínas ricas en azufre, que facilitan la asimilación del cianuro.

9. **Rizodermis:** epidermis de la raíz.
10. **Tipití:** prensa tradicional usada para deshidratada la masa de la yuca. Esta tejida con diferentes especies vegetales (Huaruma, cashavara, aguaje, ungurahui o topa). Existen Tipitís abiertos y cerrados. El pueblo Ticuna utiliza el Tipití cerrado.
11. **Ppm:** Partes por millón.
12. **Inocuos:** se refiere a la existencia y control de peligros asociados a los productos destinados para el consumo humano a través de la ingestión como pueden ser alimentos y medicinas a fin de que no provoquen daños a la salud del consumidor; aunque el concepto es más conocido para los alimentos conociéndose como inocuidad alimentaria, también aplica para la fabricación de medicamentos ingeribles que requieren medidas más extremas de inocuidad.